



Universidade Federal da Paraíba

Centro de Informática

Departamento de Computação Científica

Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional

Natanailza Martins Alves

**CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DAS REDES DE COAUTORIA EM
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM
MATEMÁTICA SOB A ÓTICA DE REDES COMPLEXAS**

João Pessoa

2016



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Informática
Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional

CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DAS REDES DE COAUTORIA EM PROGRAMAS
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM MATEMÁTICA SOB A ÓTICA DE
REDES COMPLEXAS

Natanailza Martins Alves

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Modelagem Matemática e Computacional, UFPB, da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Modelagem Matemática e Computacional.

Orientador: Jairo Rocha de Faria

João Pessoa
Novembro de 2016

A474c Alves, Natanailza Martins.

Construção e análise das redes de coautoria em programas de pós-graduação em modelagem matemática sob a ótica de redes complexas / Natanailza Martins Alves.- João Pessoa, 2016.

428f.

Orientador: Jairo Rocha de Faria

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CI

1. Informática. 2. Modelagem matemática. 3. Redes sociais. 4. Redes complexas. 5. Redes de coautoria.

UFPB/BC

CDU: 004(043)

CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DAS REDES DE COAUTORIA EM PROGRAMAS
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM MATEMÁTICA SOB A ÓTICA DE
REDES COMPLEXAS

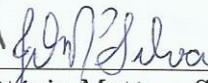
Natanailza Martins Alves

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM MATEMÁTICA E COMPUTACIONAL
(PPGMMC) DO CENTRO DE INFORMÁTICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL
DA PARAÍBA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM MODELAGEM
MATEMÁTICA E COMPUTACIONAL.

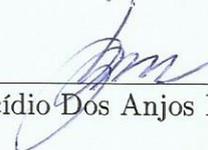
Examinada por:



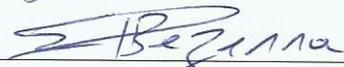
Prof. Jairo Rocha de Faria, D.Sc.



Prof. José Otávio Motta e Silva, D.Sc.



Prof. Lucídio Dos Anjos Formiga Cabral, D.Sc.



Prof. Ed Porto Bezerra, D.Sc.

JOÃO PESSOA, PB – BRASIL
NOVEMBRO DE 2016

*Dedico este trabalho a meus pais
Clarice Martins Alves e Eleno
Ferreira Alves, pelo exemplo de
vida, pelo amor incondicional e
por me incentivarem a estudar e
a lutar pelos meus sonhos.*

Agradecimentos

A Deus, pelo dom da vida, pelas bênçãos que me tem concedido ao longo de toda minha vida, por me proteger e me guiar diariamente. E a Nossa senhora por abrir meus caminhos.

Aos familiares e amigos, pelo apoio e compreensão. Principalmente, aos meus irmãos, Leandro e Daniel, que sempre me incentivaram, durante toda essa caminhada.

A Jairo, pelo exemplo de profissionalismo, pela paciência, compreensão, dedicação, incentivo, conhecimentos transmitidos e empenho na orientação. E principalmente pelo voto de confiança. Muito obrigada!

Aos membros das bancas de qualificação e defesa, por aceitarem participar da avaliação deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, pela oportunidade de concretizar meu crescimento científico e profissional.

As minhas professoras, Andrea e Ana Paula, pelas excelentes aulas, pelo carinho, pela compreensão, paciência, apoio e incentivo durante todo o curso.

Aos meus professores, Alexandre, André, Moisés, Roberto Quirino e Waldir, pelo incentivo e conhecimentos transmitidos.

Ao professor Hernane Borges de Barros Pereira, por gentilmente ceder os dados para a construção das redes de coautoria em periódicos de educação matemática.

Ao professor Jesús Pascual Mena-Chalco, por ceder a versão não oficial do ScriptLattes para a coleta dos currículos Lattes.

Aos meus amigos, Raul e Rômulo, companheiros de muitos dias de estudo e que contribuíram significativamente com esse trabalho.

A Maria Rejane, pela amizade, companheirismo, carinho, força e incentivo nas horas difíceis.

Aos colegas de turma, Leopoldo, Moisés, Suelena, Maria Aparecida, Victor, Josenildo, Laura e Fábio, pela convivência e experiências compartilhadas, por terem estado ao meu lado durante o mestrado, compartilhando felicidades e superando dificuldades.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGMMC/CI/UFPB como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DAS REDES DE COAUTORIA EM PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM MATEMÁTICA SOB A ÓTICA DE REDES COMPLEXAS

Natanailza Martins Alves

Novembro/2016

Orientador: Jairo Rocha de Faria

Programa: Modelagem Matemática e Computacional

Apresenta-se, nesta tese, um estudo sobre a difusão do conhecimento em modelagem matemática no Brasil. Para tanto, exploramos as redes de coautoria dos Programas de Pós-Graduação em Modelagem Matemática, com perfil de modelagem, cadastrados na Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional (SBMAC).

Apresentamos uma breve revisão sobre teoria dos grafos, redes sociais e redes complexas, como conceitos básicos que constituem o alicerce teórico do trabalho presente. Em seguida, reproduzimos a construção e análise de redes de coautoria em periódicos de educação matemática, para fundamentar a viabilidade do trabalho. Finalmente, construímos e analisamos as redes de coautoria em Programas de Pós-Graduação em Modelagem Matemática, através da exploração de dados acadêmicos dos currículos Lattes, registrados no CNPq (órgão governamental brasileiro).

Abstract of Dissertation presented to PPGMMC/CI/UFPB as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DAS REDES DE COAUTORIA EM PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM MATEMÁTICA SOB A ÓTICA DE REDES COMPLEXAS

Natanailza Martins Alves

November/2016

Advisor: Jairo Rocha de Faria

Department: Computational Mathematic Modelling

In this thesis, we present a study on the diffusion of knowledge in mathematical modeling in Brazil is presented. To do so, we explore the co-authorship networks of the Graduate Programs in Mathematical Modeling, with a modeling profile, registered in the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics (SBMAC).

We present a brief review on graph theory, social networks and complex networks, as basic concepts that constitute the theoretical foundation of present work. Next, we reproduce the construction and analysis of co-authorship networks in mathematics education journals, to substantiate the viability of work. Finally, we constructed and analyzed the co-authorship networks in Postgraduate programs in Mathematical Modeling, through the exploitation of academic data by the curriculum Lattes, registered with CNPq (a Brazilian governmental agency).

Sumário

Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xxxvi
1 Introdução	1
1.1 Motivação ou Definição do Problema	3
1.2 Metodologia	4
1.3 Objetivos	4
1.4 Contribuições e Importância da Pesquisa	5
1.5 Estrutura da Dissertação	6
2 Fundamentação Teórica	8
2.1 Teoria dos Grafos	8
2.1.1 Definições Básicas	11
2.1.2 Gráficos e Matrizes	17
2.1.3 Conectividade	19
2.2 Redes Sociais	19
2.2.1 Breve Histórico	20
2.2.2 Conceitos básicos	21
2.2.3 Grafos em redes sociais	24
2.3 Redes Complexas	30
2.3.1 Modelos de redes complexas	33
2.4 Difusão de Conhecimento	36
3 Construção e Análise de Redes de Coautoria em Periódicos de Educação Matemática	39
4 Construção e Análise das Redes de Coautoria em Programas de Pós-Graduação em Modelagem Matemática	45
4.1 Abordagem Metodológica	46
4.2 Resultados Experimentais	48

4.2.1	Programa A: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais (AMSA) - UFMG, MG.	51
4.2.2	Programa B: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia - UFSJ, MG	55
4.2.3	Programa C: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Bioinformática - UFPR, PR	59
4.2.4	Programa D: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Biometria - UNESP, SP	62
4.2.5	Programa E: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Ciências Computacionais (CCOMP) - UERJ, RJ.	65
4.2.6	Programa F: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Ciências Físicas Aplicadas - UECE, CE.	69
4.2.7	Programa G: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicadas - INPE, SP.	72
4.2.8	Programa H: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação - UERJ, RJ.	75
4.2.9	Programa I: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Automação - UFLA, MG.	78
4.2.10	Programa J: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental - UFMT, MT.	81
4.2.11	Programa K: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Física e Química de Materiais - UFSJ, MG.	84
4.2.12	Programa L: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional - UFJF, MG.	87
4.2.13	Programa M: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional - UERJ, RJ.	91
4.2.14	Programa N: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional - LNCC, RJ.	94
4.2.15	Programa O: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional - FURG, RJ.	97
4.2.16	Programa P: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento - UFAL, AL.	101
4.2.17	Programa Q: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial - CIMATEC, BA.	104

4.2.18	Programa R: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia - UFF, RJ.	107
4.2.19	Programa S: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem de Sistemas Complexos - USP, SP.	110
4.2.20	Programa T: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências das Terra e do Ambiente - UEFS, BA.	113
4.2.21	Programa U: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática - UNIJUÍ, RS.	116
4.2.22	Programa V: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional - CEFET, MG.	119
4.2.23	Programa W: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional - UFPB, PB.	122
4.2.24	Programa X: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde - UFPB, PB.	125
4.2.25	Programa Y: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Nanociência - UNIFRA, RS.	129
5	Construção e Análise da Rede de Coautoria em Modelagem Matemática	132
6	Considerações Finais	143
6.1	Conclusões	144
6.2	Pesquisas futuras.	146
	Referências Bibliográficas	147
A	Listas das Redes de Coautoria	151
B	Grafos das Redes de Coautoria do Programa A: Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.	176
C	Grafos das Redes de Coautoria do Programa B: Bioengenharia - UFSJ - MG.	185
D	Grafos das Redes de Coautoria do Programa C: Bioinformática - UFPR, PR.	194

E Grafos das Redes de Coautoria do Programa D: Biometria - UNESP, SP.	203
F Grafos das Redes de Coautoria do Programa E: Ciências Computacionais (CCOMP) - UERJ, RJ.	211
G Grafos das Redes de Coautoria do Programa F: Ciências Físicas Aplicadas - UECE, CE.	222
H Grafos das Redes de Coautoria do Programa G: Computação ao Aplicadas - INPE, SP.	230
I Grafos das Redes de Coautoria do Programa H: Engenharia de Computação - UERJ, RJ.	241
J Grafos das Redes de Coautoria do Programa I: Engenharia de Sistemas e Automação - UFLA, MG.	249
K Grafos das Redes de Coautoria do Programa J: Física Ambiental - UFMT, MT.	257
L Grafos das Redes de Coautoria do Programa K: Física e Química de Materiais - UFSJ, MG.	265
M Grafos das Redes de Coautoria do Programa L: Modelagem Computacional - UFJF, MG.	275
N Grafos das Redes de Coautoria do Programa M: Modelagem Computacional - UERJ, RJ.	283
O Grafos das Redes de Coautoria do Programa N: Modelagem Computacional - LNCC, RJ.	291
P Grafos das Redes de Coautoria do Programa O: Modelagem Computacional - FURG, RJ.	302
Q Grafos das Redes de Coautoria do Programa P: Modelagem Computacional de Conhecimento - UFAL, AL.	310
R Grafos das Redes de Coautoria do Programa Q: Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial - CIMATEC, BA.	318
S Grafos das Redes de Coautoria do Programa R: Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia - UFF, RJ.	326

T Grafos das Redes de Coautoria do Programa S: Modelagem de Sistemas Complexos - USP, SP.	334
U Grafos das Redes de Coautoria do Programa T: Modelagem em Ciências das Terra e do Ambiente - UEFS, BA.	342
V Grafos das Redes de Coautoria do Programa U: Modelagem Matemática - UNIJUÍ, RS.	351
W Grafos das Redes de Coautoria do Programa V: Modelagem Matemática e Computacional - CEFET, MG.	359
X Grafos das Redes de Coautoria do Programa W: Modelagem Matemática e Computacional - UFPB, PB.	367
Y Grafos das Redes de Coautoria do Programa X: Modelos de Decisão e Saúde - UFPB, PB.	375
Z Grafos das Redes de Coautoria do Programa Y: Nanociência - UNIFRA, RS.	383

Lista de Figuras

2.1	uma vista de Königsberg mostrando as sete pontes sobre o rio Pregel, [1].	9
2.2	grafo de Euler [2].	9
2.3	exemplo de grafo completo.	12
2.4	exemplo de grafo vazio.	13
2.5	exemplo de grafo bipartido [3].	13
2.6	exemplo de grafo bipartido completo [3].	13
2.7	exemplo de grafo estrela [3].	13
2.8	exemplo de grafo círculo.	14
2.9	exemplo de grafo linha.	14
2.10	exemplo de grafo dirigido.	14
2.11	exemplos de passeio, trilha e caminho [3].	15
2.12	exemplos de grafo dirigido e seu grafo subjacente [3].	16
2.13	grafo G	17
2.14	grafo $G \setminus e$	17
2.15	grafo $G \setminus E$	17
2.16	Exemplo de grafo.	18
2.17	exemplo de díade.	23
2.18	exemplos de tríade.	23
2.19	exemplo de grupo.	24
2.20	exemplo de grafo.	25
2.21	exemplo de grafo para cálculo do grau médio e a densidade.	26
2.22	distribuição de graus para o grafo da Figura 2.21.	27
2.23	grafo A.	33
2.24	grafo B.	33
2.25	grafo C.	33
2.26	exemplo de rede complexa seguindo o modelo de Erdős-Rényi [4].	34
2.27	processo de criação do modelo <i>small world</i> e o gráfico das curvas [5].	35
2.28	exemplo de rede complexa seguindo o modelo de Barabási - Albert [4].	36
3.1	rede de coautoria do Gepem.	42

3.2	rede de coautoria do Gepem, sem vértices isolados.	42
3.3	rede de coautoria do RPM.	42
3.4	rede de coautoria do RPM, sem vértices isolados.	42
3.5	rede de coautoria do Bolema.	42
3.6	rede de coautoria do Bolema, sem vértices isolados.	42
3.7	rede de coautoria do EMR.	42
3.8	rede de coautoria do EMR, sem vértices isolados.	42
3.9	rede de coautoria do Folhetim.	43
3.10	rede de coautoria do Folhetim, sem vértices isolados.	43
3.11	rede de coautoria do Zetetiké.	43
3.12	rede de coautoria do Zetetiké, sem vértices isolados.	43
4.1	rede de coautoria do programa A.	51
4.2	distribuição de graus do programa A.	51
4.3	rede de coautoria do programa A - Componentes.	52
4.4	distribuição das componentes da rede de coautoria do programa A.	52
4.5	rede de coautoria do programa A - <i>hubs</i>	52
4.6	rede de coautoria do programa A - Modularidade.	53
4.7	rede de coautoria do programa A - centralidade de intermediação.	53
4.8	rede de coautoria do programa A - centralidade de proximidade.	54
4.9	rede de coautoria do programa A - <i>rank</i> de colaboração.	54
4.10	rede de coautoria do programa B.	55
4.11	distribuição de graus do programa B.	55
4.12	rede de coautoria do programa B - Componentes.	56
4.13	rede de coautoria do programa B - <i>hubs</i>	56
4.14	rede de coautoria do programa B - Modularidade.	57
4.15	rede de coautoria do programa B - centralidade de intermediação.	57
4.16	rede de coautoria do programa B - centralidade de proximidade.	57
4.17	rede de coautoria do programa B - <i>rank</i> de colaboração.	58
4.18	rede de coautoria do programa C.	59
4.19	distribuição de graus do programa C.	59
4.20	rede de coautoria do programa C - Componentes.	60
4.21	rede de coautoria do programa C - <i>hubs</i>	60
4.22	rede de coautoria do programa C - modularidade.	61
4.23	rede de coautoria do programa C - centralidade de intermediação.	61
4.24	rede de coautoria do programa C - centralidade de proximidade.	61
4.25	rede de coautoria do programa C - <i>rank</i> de colaboração.	62
4.26	rede de coautoria do programa D.	62
4.27	distribuição de graus do programa D.	63

4.28	rede de coautoria do programa D - componentes.	63
4.29	rede de coautoria do programa D - <i>hubs</i>	64
4.30	rede de coautoria do programa D - modularidade.	64
4.31	rede de coautoria do programa D - centralidade de intermediação.	65
4.32	rede de coautoria do programa D - centralidade de proximidade.	65
4.33	rede de coautoria do programa D - <i>rank</i> de colaboração.	65
4.34	rede de coautoria do programa E.	66
4.35	distribuição de graus do programa E.	66
4.36	rede de Coautoria do programa E - componentes.	66
4.37	rede de coautoria do programa E - <i>hubs</i>	67
4.38	rede de coautoria do programa E - modularidade.	67
4.39	rede de coautoria do programa E - centralidade de intermediação.	68
4.40	rede de coautoria do programa E - centralidade de proximidade.	68
4.41	rede de coautoria do programa E - <i>rank</i> de colaboração.	68
4.42	rede de coautoria do programa F.	69
4.43	distribuição de graus do programa F.	69
4.44	rede de coautoria do programa F - <i>hubs</i>	70
4.45	rede de coautoria do programa F - modularidade.	70
4.46	rede de coautoria do programa F - centralidade de intermediação.	71
4.47	rede de coautoria do programa F - centralidade de proximidade.	71
4.48	rede de coautoria do programa F - <i>rank</i> de colaboração.	71
4.49	rede de coautoria do programa G.	72
4.50	distribuição de graus do programa G.	72
4.51	rede de coautoria do programa G - componentes.	73
4.52	rede de coautoria do programa G - <i>hubs</i>	73
4.53	rede de coautoria do programa G - modularidade.	74
4.54	rede de coautoria do programa G - centralidade de intermediação.	74
4.55	rede de coautoria do programa G - centralidade de proximidade.	74
4.56	rede de coautoria do programa G - <i>rank</i> de colaboração.	75
4.57	rede de coautoria do programa H.	75
4.58	distribuição de graus do programa H.	76
4.59	rede de coautoria do programa H - componentes.	76
4.60	rede de coautoria do programa H - <i>hubs</i>	77
4.61	rede de coautoria do programa H - modularidade.	77
4.62	rede de coautoria do programa H - centralidade de intermediação.	78
4.63	rede de coautoria do programa H - centralidade de proximidade.	78
4.64	rede de coautoria do programa H - <i>rank</i> de colaboração.	78
4.65	rede de coautoria do programa I.	79
4.66	distribuição de graus do programa I.	79

4.67	rede de coautoria do programa I - componentes.	79
4.68	rede de coautoria do programa I - <i>hubs</i>	80
4.69	rede de coautoria do programa I - modularidade.	80
4.70	rede de coautoria do programa I - centralidade de intermediação.	81
4.71	rede de coautoria do programa I - centralidade de proximidade.	81
4.72	rede de coautoria do programa I - rank de colaboração.	81
4.73	rede de coautoria do programa J.	82
4.74	distribuição de graus do programa J.	82
4.75	rede de coautoria do programa J - <i>hubs</i>	83
4.76	rede de coautoria do programa J - modularidade.	83
4.77	rede de coautoria do programa J - centralidade de intermediação.	84
4.78	rede de coautoria do programa J - centralidade de proximidade.	84
4.79	rede de coautoria do programa J - <i>rank</i> de colaboração.	84
4.80	rede de coautoria do programa k.	85
4.81	distribuição de graus do programa k.	85
4.82	rede de coautoria do programa K - componentes.	85
4.83	rede de coautoria do programa K - <i>hubs</i>	86
4.84	rede de coautoria do programa K - modularidade.	86
4.85	rede de coautoria do programa K - centralidade de intermediação.	87
4.86	rede de coautoria do programa K - centralidade de proximidade.	87
4.87	rede de coautoria do programa K - <i>rank</i> de colaboração.	87
4.88	rede de coautoria do programa L.	88
4.89	distribuição de graus do programa L.	88
4.90	rede de coautoria do programa L - componentes.	88
4.91	rede de coautoria do programa L - <i>hubs</i>	89
4.92	rede de coautoria do programa L - modularidade.	89
4.93	rede de coautoria do programa L - centralidade de intermediação.	90
4.94	rede de coautoria do programa L - centralidade de proximidade.	90
4.95	rede de coautoria do programa L - <i>rank</i> de colaboração.	90
4.96	rede de coautoria do programa M.	91
4.97	distribuição de graus do programa M.	91
4.98	rede de coautoria do programa M - componentes.	92
4.99	rede de coautoria do programa M - <i>hubs</i>	92
4.100	rede de coautoria do programa M - modularidade.	93
4.101	rede de coautoria do programa M - centralidade de intermediação.	93
4.102	rede de coautoria do programa M - centralidade de proximidade.	93
4.103	rede de coautoria do programa M - <i>rank</i> de colaboração.	94
4.104	rede de coautoria do programa N.	94
4.105	distribuição de graus do programa N.	95

4.106	rede de coautoria do programa N - componentes.	95
4.107	rede de coautoria do programa N - <i>hubs</i>	96
4.108	rede de coautoria do programa N - modularidade.	96
4.109	rede de coautoria do programa N - centralidade de intermediação. . .	97
4.110	rede de coautoria do programa N - centralidade de proximidade. . .	97
4.111	rede de coautoria do programa N - <i>rank</i> de colaboração.	97
4.112	rede de coautoria do programa O.	98
4.113	distribuição de graus do programa O.	98
4.114	rede de coautoria do programa O - componentes.	99
4.115	rede de coautoria do programa O - <i>hubs</i>	99
4.116	rede de coautoria do programa O - modularidade.	99
4.117	rede de coautoria do programa O - centralidade de intermediação. .	100
4.118	rede de coautoria do programa O - centralidade de proximidade. . .	100
4.119	rede de coautoria do programa O - <i>rank</i> de colaboração.	100
4.120	rede de coautoria do programa P.	101
4.121	distribuição de graus do programa P.	101
4.122	rede de coautoria do programa P - componentes.	102
4.123	rede de coautoria do programa P - <i>hubs</i>	102
4.124	rede de coautoria do programa P - modularidade.	103
4.125	rede de coautoria do programa P - centralidade de intermediação. . .	103
4.126	rede de coautoria do programa P - centralidade de proximidade. . .	103
4.127	rede de coautoria do programa P - <i>rank</i> de colaboração.	104
4.128	rede de coautoria do programa Q.	104
4.129	distribuição de graus do programa Q.	105
4.130	rede de coautoria do programa Q - componentes.	105
4.131	rede de coautoria do programa Q - <i>hubs</i>	106
4.132	rede de coautoria do programa Q - modularidade.	106
4.133	rede de coautoria do programa Q - centralidade de intermediação. .	107
4.134	rede de coautoria do programa Q - centralidade de proximidade. . .	107
4.135	rede de coautoria do programa Q - <i>rank</i> de colaboração.	107
4.136	rede de coautoria do programa R.	108
4.137	distribuição de graus do programa R.	108
4.138	rede de coautoria do programa R - componentes.	108
4.139	rede de coautoria do programa R - <i>hubs</i>	109
4.140	rede de coautoria do programa R - modularidade.	109
4.141	rede de coautoria do programa R - centralidade de intermediação. .	110
4.142	rede de coautoria do programa R - centralidade de proximidade. . .	110
4.143	rede de coautoria do programa R - <i>rank</i> de colaboração.	110
4.144	rede de coautoria do programa S.	111

4.145	distribuição de graus do programa S.	111
4.146	rede de Coautoria do programa S - componentes.	111
4.147	rede de coautoria do programa S - modularidade.	112
4.148	rede de coautoria do programa S - centralidade de intermediação.	112
4.149	rede de coautoria do programa S - centralidade de proximidade.	112
4.150	rede de coautoria do programa S - <i>rank</i> de colaboração.	113
4.151	rede de coautoria do programa T.	113
4.152	distribuição de graus do programa T.	114
4.153	rede de coautoria do programa T - componentes.	114
4.154	rede de coautoria do programa T - <i>hubs</i>	115
4.155	rede de coautoria do programa T - modularidade.	115
4.156	rede de coautoria do programa T - centralidade de intermediação.	115
4.157	rede de coautoria do programa T - centralidade de proximidade.	115
4.158	rede de coautoria do programa T - <i>rank</i> de colaboração.	116
4.159	rede de coautoria do programa U.	116
4.160	distribuição de graus do programa U.	117
4.161	rede de coautoria do programa U - componentes.	117
4.162	rede de coautoria do programa U - <i>hubs</i>	118
4.163	rede de coautoria do programa U - modularidade.	118
4.164	rede de coautoria do programa U - centralidade de intermediação.	119
4.165	rede de coautoria do programa U - centralidade de proximidade.	119
4.166	rede de coautoria do programa U - <i>rank</i> de colaboração.	119
4.167	rede de coautoria do programa V.	120
4.168	distribuição de graus do programa V.	120
4.169	rede de coautoria do programa V - componentes.	121
4.170	rede de coautoria do programa V - <i>hubs</i>	121
4.171	rede de coautoria do programa V - modularidade.	121
4.172	rede de coautoria do programa V - centralidade de intermediação.	122
4.173	rede de coautoria do programa V - centralidade de proximidade.	122
4.174	rede de coautoria do programa V - <i>rank</i> de colaboração.	122
4.175	rede de coautoria do programa W.	123
4.176	distribuição de graus do programa W.	123
4.177	rede de Coautoria do programa W - componentes.	124
4.178	rede de coautoria do programa W - <i>hubs</i>	124
4.179	rede de coautoria do programa W - modularidade.	124
4.180	rede de coautoria do programa W - centralidade de intermediação.	125
4.181	rede de coautoria do programa W - centralidade de proximidade.	125
4.182	rede de coautoria do programa W - <i>rank</i> de colaboração.	125
4.183	rede de coautoria do programa X.	126

4.184	distribuição de graus do programa X.	126
4.185	rede de coautoria do programa X - componentes.	127
4.186	rede de coautoria do programa X - <i>hubs</i>	127
4.187	rede de coautoria do programa X - modularidade.	127
4.188	rede de coautoria do programa X - centralidade de intermediação.	128
4.189	rede de coautoria do programa X - centralidade de proximidade.	128
4.190	rede de coautoria do programa X - <i>rank</i> de colaboração.	128
4.191	rede de coautoria do programa Y.	129
4.192	distribuição de graus do programa Y.	129
4.193	rede de coautoria do programa Y - <i>hubs</i>	130
4.194	rede de Coautoria do programa Y - modularidade.	130
4.195	rede de coautoria do programa Y - centralidade de intermediação.	131
4.196	rede de coautoria do programa Y - centralidade de proximidade.	131
4.197	rede de coautoria do programa Y- <i>rank</i> de colaboração.	131
5.1	rede de coautoria em Modelagem Matemática.	133
5.2	distribuição de graus da rede de coautoria para todos os programas de Pós-Graduação em Modelagem Matemática.	134
5.3	rede de coautoria em Modelagem Matemática: classificação em relação ao grau.	134
5.4	rede de coautoria em Modelagem Matemática: classificação em relação as componentes.	135
5.5	rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação em relação as componentes, utilizando como <i>layout</i> , o algoritmo de distribuição Force Atlas.	136
5.6	rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação em relação a centralidade de intermediação.	136
5.7	rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação em relação a centralidade de proximidade.	137
5.8	rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação em relação aos <i>hubs</i>	138
5.9	rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação em relação aos <i>hubs</i> , utilizando como <i>layout</i> , o algoritmo de distribuição Force Atlas.	139
5.10	rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	140
B.1	rede de coautoria do Programa A com rótulos.	176
B.2	rede de coautoria do Programa A - Componentes com rótulos.	177

B.3	rede de coautoria do programa A - classificação em relação as componentes.	177
B.4	rede de coautoria do programa A - <i>hubs</i> com rótulos.	178
B.5	distribuição dos <i>hubs</i> da Rede de Coautoria do Programa A.	178
B.6	rede de coautoria do Programa A - <i>hubs</i> . Classificação em relação aos <i>hubs</i>	179
B.7	rede de coautoria do programa A - modularidade com rótulos.	179
B.8	distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa A.	180
B.9	rede de coautoria do programa A - classificação em relação as comunidades.	180
B.10	rede de Coautoria do Programa A - A Centralidade de Intermediação com rótulos.	181
B.11	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do programa A.	181
B.12	rede de coautoria do programa A - Classificação em relação a centralidade de intermediação.	182
B.13	rede de Coautoria do Programa A - A Centralidade de Proximidade com rótulos.	182
B.14	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do programa A.	183
B.15	rede de coautoria do programa A - classificação em relação a centralidade de proximidade.	183
B.16	rede de coautoria do programa A - <i>rank</i> de Colaboração com rótulos.	184
B.17	rede de coautoria do programa A - classificação em relação a colaboração.	184
C.1	rede de coautoria do Programa B com rótulos.	185
C.2	rede de Coautoria do Programa B - Componentes com rótulos.	186
C.3	rede de coautoria do programa B - <i>hubs</i> com rótulos.	186
C.4	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa B.	187
C.5	rede de coautoria do programa B - <i>hubs</i> . classificação em relação aos <i>hubs</i>	187
C.6	rede de Coautoria do Programa B - Modularidade com rótulos.	188
C.7	distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa B.	188
C.8	rede de coautoria do programa B - classificação em relação as comunidades.	189
C.9	rede de Coautoria do Programa B - A Centralidade de Intermediação com rótulos.	189

C.10	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do programa B.	190
C.11	rede de coautoria do programa B - Classificação em relação a centralidade de intermediação.	190
C.12	rede de Coautoria do Programa B - A Centralidade de Proximidade com rótulos.	191
C.13	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do programa B.	191
C.14	rede de coautoria do programa B - classificação em relação a centralidade de proximidade.	192
C.15	rede de coautoria do programa B - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	192
C.16	rede de coautoria do programa B - classificação em relação a colaboração.	193
D.1	rede de coautoria do Programa C com rótulos.	194
D.2	rede de Coautoria do Programa C - Componentes rótulos.	195
D.3	rede de coautoria do programa C - <i>hubs</i> rótulos.	195
D.4	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa C.	196
D.5	rede de coautoria do programa C - classificação em relação aos <i>hubs</i>	196
D.6	rede de coautoria do programa C - modularidade com rótulos.	197
D.7	distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa C.	197
D.8	rede de coautoria do programa C - classificação em relação a modularidade.	198
D.9	rede de Coautoria do Programa C - A Centralidade de Intermediação com rótulos.	198
D.10	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa C.	199
D.11	rede de coautoria do Programa C - classificação em relação a centralidade de intermediação.	199
D.12	rede de Coautoria do Programa C - A Centralidade de Proximidade com rótulos.	200
D.13	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa C.	200
D.14	rede de coautoria do programa C - classificação em relação a centralidade de proximidade.	201
D.15	rede de coautoria do programa C - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	201
D.16	rede de coautoria do programa C - classificação em relação a colaboração.	202
E.1	rede de coautoria do Programa D com rótulos.	203

E.2	rede de Coautoria do Programa D - Componentes com rótulos.	204
E.3	rede de coautoria do programa D - <i>hubs</i> com rótulos.	204
E.4	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa D.	205
E.5	rede de coautoria do programa D - classificação em relação aos <i>hubs</i>	205
E.6	rede de coautoria do programa D - modularidade com rótulos.	206
E.7	distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa D.	206
E.8	rede de coautoria do programa D - classificação em relação a modularidade.	207
E.9	rede de coautoria do programa D - centralidade de Intermediação com rótulos.	207
E.10	rede de coautoria do programa D - classificação em relação a centralidade de intermediação.	208
E.11	rede de coautoria do programa D - centralidade de proximidade com rótulos.	208
E.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do programa D.	209
E.13	rede de coautoria do programa D - classificação em relação a centralidade de proximidade.	209
E.14	rede de coautoria do programa D - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	210
E.15	rede de coautoria do programa D - classificação em relação a <i>rank</i> de colaboração.	210
F.1	rede de coautoria do programa E com rótulos.	211
F.2	rede de Coautoria do programa E - componentes com rótulos.	212
F.3	distribuição das componentes da rede de coautoria do programa E.	212
F.4	rede de coautoria do programa E - classificação em relação as componentes.	213
F.5	rede de coautoria do programa E - <i>hubs</i>	213
F.6	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa E.	214
F.7	rede de coautoria do programa E - classificação em relação aos <i>hubs</i>	214
F.8	rede de coautoria do programa E - modularidade com rótulos.	215
F.9	distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa E.	215
F.10	rede de coautoria do programa E - classificação em relação a modularidade.	216
F.11	rede de coautoria do programa E - centralidade de intermediação com rótulos.	216
F.12	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa B.	217

F.13	rede de coautoria do Programa E - classificação em relação a centralidade de intermediação.	218
F.14	rede de coautoria do programa E - centralidade de proximidade com rótulos.	218
F.15	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do programa E.	219
F.16	rede de coautoria do programa E - classificação em relação a centralidade de proximidade.	220
F.17	rede de coautoria do programa E - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	220
F.18	rede de coautoria do programa E - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	221
G.1	rede de coautoria do programa F com rótulos.	222
G.2	rede de coautoria do programa F - <i>hubs</i>	223
G.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa F.	223
G.4	rede de coautoria do programa F - classificação em relação aos <i>hubs</i>	224
G.5	rede de coautoria do programa F - modularidade com rótulos.	224
G.6	distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa E.	225
G.7	rede de coautoria do programa F - classificação em relação a modularidade.	225
G.8	rede de coautoria do programa F - centralidade de intermediação com rótulos.	226
G.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do programa F.	226
G.10	rede de coautoria do programa F - classificação em relação a centralidade de intermediação.	227
G.11	rede de coautoria do programa F - centralidade de proximidade com rótulos.	227
G.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do programa F.	227
G.13	rede de coautoria do programa F - classificação em relação a centralidade de proximidade.	228
G.14	rede de coautoria do programa F - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	228
G.15	rede de coautoria do programa F - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	229
H.1	rede de coautoria do programa G com rótulos.	230
H.2	rede de coautoria do programa G - <i>hubs</i>	231
H.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do Programa G.	231
H.4	rede de coautoria do programa G - classificação em relação aos <i>hubs</i>	232

H.5	rede de coautoria do programa G - modularidade com rótulos.	233
H.6	distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa G. . .	233
H.7	rede de coautoria do programa G - classificação em relação a modularidade.	234
H.8	rede de coautoria do programa G - centralidade de intermediação com rótulos.	235
H.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa G.	235
H.10	rede de coautoria do programa G - classificação em relação a centralidade de intermediação.	236
H.11	rede de coautoria do programa G - centralidade de proximidade com rótulos.	237
H.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa G.	237
H.13	rede de coautoria do programa G - classificação em relação a centralidade de proximidade.	238
H.14	rede de coautoria do programa G - <i>rank</i> de colaboração com rótulos. .	239
H.15	rede de coautoria do programa G - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	240
I.1	rede de coautoria do programa H com rótulos.	241
I.2	rede de coautoria do programa H - <i>hubs</i>	242
I.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa H.	242
I.4	rede de coautoria do programa H - classificação em relação aos <i>hubs</i> . .	243
I.5	rede de coautoria do programa H - modularidade com rótulos.	243
I.6	distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa H. . .	244
I.7	rede de coautoria do programa H - classificação em relação a modularidade.	244
I.8	rede de coautoria do programa H - centralidade de intermediação com rótulos.	245
I.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa H.	245
I.10	rede de coautoria do programa H - classificação em relação a centralidade de intermediação.	246
I.11	rede de coautoria do programa H - centralidade de proximidade com rótulos.	246
I.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa H.	247

I.13	rede de coautoria do programa H - classificação em relação a centralidade de proximidade.	247
I.14	rede de coautoria do programa H - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	248
I.15	rede de coautoria do programa H - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	248
J.1	rede de coautoria do programa I com rótulos.	249
J.2	rede de coautoria do programa I - <i>hubs</i>	250
J.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa I.	250
J.4	rede de coautoria do programa I - classificação em relação aos <i>hubs</i>	251
J.5	rede de coautoria do programa I - modularidade com rótulos.	251
J.6	distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa I.	252
J.7	rede de coautoria do programa I - classificação em relação a modularidade.	252
J.8	rede de coautoria do programa I - centralidade de intermediação com rótulos.	253
J.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa I.	253
J.10	rede de coautoria do programa I - classificação em relação a centralidade de intermediação.	254
J.11	rede de coautoria do programa I - centralidade de proximidade com rótulos.	254
J.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa I.	255
J.13	rede de coautoria do programa I - classificação em relação a centralidade de proximidade.	255
J.14	rede de coautoria do programa I - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	256
J.15	rede de coautoria do programa I - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	256
K.1	rede de coautoria do programa J com rótulos.	257
K.2	rede de coautoria do programa J - <i>hubs</i>	258
K.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa J.	258
K.4	rede de coautoria do programa J - classificação em relação aos <i>hubs</i>	259
K.5	rede de coautoria do programa J - modularidade com rótulos.	259
K.6	distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa J.	260
K.7	rede de coautoria do programa J - classificação em relação a modularidade.	260
K.8	rede de coautoria do programa J - centralidade de intermediação com rótulos.	261

K.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa J.	261
K.10	rede de coautoria do Programa J - Classificação em relação a centralidade de intermediação.	262
K.11	rede de coautoria do programa J - centralidade de proximidade com rótulos.	262
K.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa J.	263
K.13	rede de coautoria do programa J - Classificação em relação a centralidade de proximidade.	263
K.14	rede de coautoria do programa J - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	264
K.15	rede de coautoria do programa J - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	264
L.1	rede de coautoria do programa K com rótulos.	265
L.2	rede de Coautoria do programa K - componentes com rótulos.	266
L.3	rede de coautoria do programa K - <i>hubs</i>	266
L.4	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa K.	267
L.5	rede de coautoria do programa K - classificação em relação aos <i>hubs</i>	267
L.6	rede de coautoria do programa K - modularidade com rótulos.	268
L.7	distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa K.	268
L.8	rede de coautoria do programa K - classificação em relação a modularidade.	269
L.9	rede de coautoria do programa K - centralidade de intermediação com rótulos.	269
L.10	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa K.	270
L.11	rede de coautoria do programa K - classificação em relação a centralidade de intermediação.	271
L.12	rede de coautoria do programa K - centralidade de proximidade com rótulos.	271
L.13	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa K.	272
L.14	rede de coautoria do programa K - classificação em relação a centralidade de proximidade.	273
L.15	rede de coautoria do programa K - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	273
L.16	rede de coautoria do programa K - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	274
M.1	rede de coautoria do programa L com rótulos.	275

M.2	rede de coautoria do programa L - <i>hubs</i>	276
M.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa L.	276
M.4	rede de coautoria do programa L - classificação em relação aos <i>hubs</i>	277
M.5	rede de coautoria do programa L - modularidade com rótulos.	277
M.6	distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa L.	278
M.7	rede de coautoria do programa L - classificação em relação a modularidade.	278
M.8	rede de coautoria do programa L - centralidade de intermediação com rótulos.	279
M.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa L.	279
M.10	rede de coautoria do programa L - classificação em relação a centralidade de intermediação.	280
M.11	rede de coautoria do programa L - centralidade de proximidade com rótulos.	280
M.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa L.	281
M.13	rede de coautoria do programa L - classificação em relação a centralidade de proximidade.	281
M.14	rede de coautoria do programa L - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	282
M.15	rede de coautoria do programa L - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	282
N.1	rede de coautoria do programa M com rótulos.	283
N.2	rede de coautoria do programa M - <i>hubs</i>	284
N.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa M.	284
N.4	rede de coautoria do programa M - classificação em relação aos <i>hubs</i>	285
N.5	rede de coautoria do programa M - modularidade com rótulos.	285
N.6	distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa M.	286
N.7	rede de coautoria do programa M - classificação em relação a modularidade.	286
N.8	rede de coautoria do programa M - centralidade de intermediação com rótulos.	287
N.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa M.	287
N.10	rede de coautoria do Programa M - Classificação em relação a centralidade de intermediação.	288
N.11	rede de coautoria do programa M - centralidade de proximidade com rótulos.	288

N.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa M.	289
N.13	rede de coautoria do Programa M - Classificação em relação a centralidade de proximidade.	289
N.14	rede de coautoria do programa M - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	290
N.15	rede de coautoria do programa M - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	290
O.1	rede de coautoria do programa N com rótulos.	291
O.2	rede de coautoria do programa N - <i>hubs</i>	292
O.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa N.	292
O.4	rede de coautoria do programa N - classificação em relação aos <i>hubs</i>	293
O.5	rede de coautoria do programa N - modularidade com rótulos.	294
O.6	distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa N.	294
O.7	rede de coautoria do programa N - classificação em relação a modularidade.	295
O.8	rede de coautoria do programa N - centralidade de intermediação com rótulos.	296
O.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa N.	296
O.10	rede de coautoria do Programa N - Classificação em relação a centralidade de intermediação.	297
O.11	rede de coautoria do programa N - centralidade de proximidade com rótulos.	298
O.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa N.	298
O.13	rede de coautoria do programa N - classificação em relação a centralidade de proximidade.	299
O.14	rede de coautoria do programa N - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	300
O.15	rede de coautoria do programa N - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	301
P.1	rede de coautoria do programa O com rótulos.	302
P.2	rede de coautoria do programa O - <i>hubs</i>	303
P.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa O.	303
P.4	rede de coautoria do programa O - classificação em relação aos <i>hubs</i>	304
P.5	rede de coautoria do programa O - modularidade com rótulos.	304
P.6	distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa O.	305
P.7	rede de coautoria do programa O - classificação em relação a modularidade.	305

P.8	rede de coautoria do programa O - centralidade de intermediação com rótulos.	306
P.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa O.	306
P.10	rede de coautoria do programa O - classificação em relação a centralidade de intermediação.	307
P.11	rede de coautoria do programa O - centralidade de proximidade com rótulos.	307
P.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa O.	308
P.13	rede de coautoria do programa O - classificação em relação a centralidade de proximidade.	308
P.14	rede de coautoria do programa O - <i>rank</i> de colaboração com rótulos. .	309
P.15	rede de coautoria do programa O - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	309
Q.1	rede de coautoria do programa P com rótulos.	310
Q.2	rede de coautoria do programa P - <i>hubs</i>	311
Q.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa P.	311
Q.4	rede de coautoria do programa P - classificação em relação aos <i>hubs</i> . .	312
Q.5	rede de coautoria do programa P - modularidade com rótulos.	312
Q.6	distribuição da modularidade da rede de coautoria do Programa P. . .	313
Q.7	rede de coautoria do programa P - classificação em relação a modularidade.	313
Q.8	rede de coautoria do programa P - centralidade de intermediação com rótulos.	314
Q.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa P.	314
Q.10	rede de coautoria do Programa P - classificação em relação a centralidade de intermediação.	315
Q.11	rede de coautoria do programa P - centralidade de proximidade com rótulos.	315
Q.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa P.	316
Q.13	rede de coautoria do programa P - classificação em relação a centralidade de proximidade.	316
Q.14	rede de coautoria do programa P - <i>rank</i> de colaboração com rótulos. .	317
Q.15	rede de coautoria do programa P - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	317

R.1	rede de coautoria do programa Q com rótulos.	318
R.2	rede de coautoria do programa Q - <i>hubs</i>	319
R.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa Q.	319
R.4	rede de coautoria do programa Q - classificação em relação aos <i>hubs</i>	320
R.5	rede de coautoria do programa Q - modularidade com rótulos.	320
R.6	distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa Q.	321
R.7	rede de coautoria do programa Q - classificação em relação a modularidade.	321
R.8	rede de coautoria do programa Q - centralidade de intermediação com rótulos.	322
R.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa Q.	322
R.10	rede de coautoria do programa Q - Classificação em relação a centralidade de intermediação.	323
R.11	rede de coautoria do programa Q - centralidade de proximidade com rótulos.	323
R.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do programa Q.	324
R.13	rede de coautoria do programa Q - classificação em relação a centralidade de proximidade.	324
R.14	rede de coautoria do programa Q - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	325
R.15	rede de coautoria do programa Q - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	325
S.1	rede de coautoria do programa R com rótulos.	326
S.2	rede de coautoria do programa R - <i>hubs</i>	327
S.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa R.	327
S.4	rede de coautoria do programa R - classificação em relação aos <i>hubs</i>	328
S.5	rede de coautoria do programa R - modularidade com rótulos.	328
S.6	distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa R.	329
S.7	rede de coautoria do programa R - classificação em relação a modularidade.	329
S.8	rede de coautoria do programa R - centralidade de intermediação com rótulos.	330
S.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa R.	330
S.10	rede de coautoria do programa R - classificação em relação a centralidade de intermediação.	331

S.11	rede de coautoria do programa R - centralidade de proximidade com rótulos.	331
S.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa R.	332
S.13	rede de coautoria do programa R - classificação em relação a centralidade de proximidade.	332
S.14	rede de coautoria do programa R - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	333
S.15	rede de coautoria do programa R - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	333
T.1	rede de coautoria do programa S com rótulos.	334
T.2	rede de coautoria do programa S - hubs.	335
T.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do Programa S.	335
T.4	rede de coautoria do programa S - classificação em relação aos <i>hubs</i>	336
T.5	rede de coautoria do programa S - modularidade com rótulos.	336
T.6	distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa S.	337
T.7	rede de coautoria do programa S - classificação em relação a modularidade.	337
T.8	rede de coautoria do programa S - centralidade de intermediação com rótulos.	338
T.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do programa S.	338
T.10	rede de coautoria do programa S - classificação em relação a centralidade de intermediação.	339
T.11	rede de coautoria do programa S - centralidade de proximidade com rótulos.	339
T.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa S.	340
T.13	rede de coautoria do programa S - classificação em relação a centralidade de proximidade.	340
T.14	rede de coautoria do programa S - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	341
T.15	rede de coautoria do programa S - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	341
U.1	rede de coautoria do programa T com rótulos.	342
U.2	rede de coautoria do programa T - <i>hubs</i>	343
U.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa T.	343
U.4	rede de coautoria do programa T - classificação em relação aos <i>hubs</i>	344
U.5	rede de coautoria do programa T - modularidade com rótulos.	344
U.6	distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa T.	345

U.7	rede de coautoria do programa T - classificação em relação a modularidade.	345
U.8	rede de coautoria do programa T - centralidade de intermediação com rótulos.	346
U.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa T.	346
U.10	rede de coautoria do programa T - classificação em relação a centralidade de intermediação.	347
U.11	rede de coautoria do programa T - centralidade de proximidade com rótulos.	347
U.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa T.	348
U.13	rede de coautoria do programa T - classificação em relação a centralidade de proximidade.	349
U.14	rede de coautoria do programa T - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	349
U.15	rede de coautoria do programa T - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	350
V.1	rede de coautoria do programa U com rótulos.	351
V.2	rede de coautoria do programa U - <i>hubs</i>	352
V.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa U.	352
V.4	rede de coautoria do programa U - classificação em relação aos <i>hubs</i>	353
V.5	rede de coautoria do programa U - modularidade com rótulos.	353
V.6	distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa U.	354
V.7	rede de coautoria do programa U - classificação em relação a modularidade.	354
V.8	rede de coautoria do programa U - centralidade de intermediação com rótulos.	355
V.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa U.	355
V.10	rede de coautoria do programa U - classificação em relação a centralidade de intermediação.	356
V.11	rede de coautoria do programa U - centralidade de proximidade com rótulos.	356
V.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do programa U.	357
V.13	rede de coautoria do programa U - classificação em relação a centralidade de proximidade.	357
V.14	rede de coautoria do programa U - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	358

V.15 rede de coautoria do programa U - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	358
W.1 rede de coautoria do programa V com rótulos.	359
W.2 rede de coautoria do programa V - <i>hubs</i>	360
W.3 distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa V.	360
W.4 rede de coautoria do programa V - classificação em relação aos <i>hubs</i>	361
W.5 rede de coautoria do programa V - modularidade com rótulos.	361
W.6 distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa V.	362
W.7 rede de coautoria do programa V - classificação em relação a modularidade.	362
W.8 rede de coautoria do programa V - centralidade de intermediação com rótulos.	363
W.9 distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa V.	363
W.10 rede de coautoria do Programa V - Classificação em relação a centralidade de intermediação.	364
W.11 rede de coautoria do programa V - centralidade de proximidade com rótulos.	364
W.12 distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa V.	365
W.13 rede de coautoria do programa V - classificação em relação a centralidade de proximidade.	365
W.14 rede de coautoria do programa V - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	366
W.15 rede de coautoria do programa V - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	366
X.1 rede de coautoria do programa W com rótulos.	367
X.2 rede de coautoria do programa W - <i>hubs</i>	368
X.3 distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa W.	368
X.4 rede de coautoria do programa W - classificação em relação aos <i>hubs</i>	369
X.5 rede de coautoria do programa W - modularidade com rótulos.	369
X.6 distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa W.	370
X.7 rede de coautoria do programa W - classificação em relação a modularidade.	370
X.8 rede de coautoria do programa W - centralidade de intermediação com rótulos.	371
X.9 distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa W.	371

X.10	rede de coautoria do programa W - classificação em relação a centralidade de intermediação.	372
X.11	rede de coautoria do programa W - centralidade de proximidade com rótulos.	372
X.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa W.	373
X.13	rede de coautoria do Programa W - classificação em relação a centralidade de proximidade.	373
X.14	rede de coautoria do programa W - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	374
X.15	rede de coautoria do programa W - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	374
Y.1	rede de coautoria do programa X com rótulos.	375
Y.2	rede de coautoria do programa X - <i>hubs</i>	376
Y.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa X.	376
Y.4	rede de coautoria do programa X - classificação em relação aos <i>hubs</i>	377
Y.5	rede de coautoria do programa X - modularidade com rótulos.	377
Y.6	distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa X.	378
Y.7	rede de coautoria do programa X - classificação em relação a modularidade.	378
Y.8	rede de coautoria do programa X - centralidade de intermediação com rótulos.	379
Y.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa X.	379
Y.10	rede de coautoria do programa X - classificação em relação a centralidade de intermediação.	380
Y.11	rede de coautoria do programa X - centralidade de proximidade com rótulos.	380
Y.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa X.	381
Y.13	rede de coautoria do programa X - classificação em relação a centralidade de proximidade.	381
Y.14	rede de coautoria do programa X - <i>rank</i> de colaboração com rótulos.	382
Y.15	rede de coautoria do programa X - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	382
Z.1	rede de coautoria do programa Y com rótulos.	383
Z.2	rede de coautoria do programa Y - <i>hubs</i>	384
Z.3	distribuição dos <i>hubs</i> da rede de coautoria do programa Y.	384
Z.4	rede de coautoria do programa Y - classificação em relação aos <i>hubs</i>	385

Z.5	rede de coautoria do programa Y - modularidade com rótulos.	385
Z.6	distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa Y. . .	386
Z.7	rede de coautoria do programa Y - classificação em relação a modularidade.	386
Z.8	rede de coautoria do programa Y - centralidade de intermediação com rótulos.	387
Z.9	distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa Y.	387
Z.10	rede de coautoria do programa Y - classificação em relação a centralidade de intermediação.	388
Z.11	rede de coautoria do programa Y - centralidade de proximidade com rótulos.	388
Z.12	distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa Y.	389
Z.13	rede de coautoria do programa Y - Classificação em relação a centralidade de proximidade.	389
Z.14	rede de coautoria do programa Y - <i>rank</i> de colaboração com rótulos. .	390
Z.15	rede de coautoria do programa Y - classificação em relação ao <i>rank</i> de colaboração.	390

Lista de Tabelas

2.1	Números de usuários aproximado das principais redes sociais.	20
3.1	Dados gerais das redes de coautoria [6].	40
3.2	Índices para as redes de coautoria sem os vértices isolados [6].	44
4.1	Dados gerais das redes de coautoria dos Programas de Pós-Graduação.	49
4.2	Dados gerais das redes de coautoria dos Programas de Pós-Graduação - continuação.	50
5.1	Dados gerais da rede de coautoria em Modelagem Matemática.	132
5.2	Rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação conside- rando o grau de cada vértice.	135
5.3	Centralidades de intermediação para a rede de coautoria em Modela- gem Matemática.	137
5.4	Centralidades de proximidade para a rede de coautoria em Modelagem Matemática.	138
5.5	<i>Hubs</i> para a rede de coautoria em Modelagem Matemática.	139
5.6	<i>Rank</i> de colaboração para a rede de coautoria em Modelagem Mate- mática.	140
5.7	Classificação das rede de coautoria em Modelagem Matemática em relação ao número de artigos em periódico (cinco primeiros).	141
5.8	Classificação das rede de coautoria em Modelagem Matemática em relação ao número de livros (sete primeiros).	141
5.9	Classificação das rede de coautoria em Modelagem Matemática em relação à produção bibliográfica (cinco primeiros).	141
5.10	classificação das rede de coautoria em Modelagem Matemática em relação à trabalho em congresso (cinco primeiros).	142
A.1	Lista dos docentes do Programa A.	151
A.2	Lista dos Docentes do Programa A com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	151
A.3	Lista dos docentes do Programa B.	152

A.4	Listas dos docentes do Programa B com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	152
A.5	Lista dos docentes do Programa C.	153
A.6	Lista dos docentes do Programa C com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	153
A.7	Lista dos docentes do Programa D.	154
A.8	Lista dos docentes do Programa E.	155
A.9	Lista dos docentes do Programa E com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	155
A.10	Listas dos docentes do Programa F.	156
A.11	Lista dos docentes do Programa F com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	156
A.12	Lista dos docentes do Programa G.	157
A.13	Listas dos docentes do Programa G com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	158
A.14	Lista dos docentes do Programa H.	158
A.15	Lista dos docentes do Programa H com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	158
A.16	Lista dos docentes do Programa I.	159
A.17	Lista dos docentes do Programa I com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	159
A.18	Lista dos docentes do Programa J.	160
A.19	Lista dos docentes do Programa J com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	160
A.20	Lista dos docentes do Programa K.	161
A.21	Lista dos docentes do Programa K com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	161
A.22	Lista dos docentes do Programa L.	162
A.23	Lista dos docentes do Programa L com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	162
A.24	Lista dos docentes do Programa M.	163
A.25	Lista dos docentes do Programa M com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	163
A.26	Lista dos docentes do Programa N.	164
A.27	Lista dos docentes do Programa N - continuação.	165
A.28	Lista dos docentes do Programa N com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	165
A.29	Lista dos docentes do Programa O.	166

A.30	Lista dos docentes do Programa O com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	166
A.31	Lista dos docentes do Programa P.	167
A.32	Lista dos docentes do Programa P com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	167
A.33	Lista dos docentes do Programa Q.	168
A.34	Lista dos docentes do Programa Q com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	168
A.35	Lista dos docentes do Programa R.	169
A.36	Lista dos docentes do Programa S.	170
A.37	Lista dos docentes do Programa T.	171
A.38	Lista dos docentes do Programa T com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	171
A.39	Lista dos docentes do Programa U.	172
A.40	Lista dos docentes do Programa U com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	172
A.41	Lista dos docentes do Programa V.	173
A.42	Lista dos docentes do Programa V com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	173
A.43	Lista dos docentes do Programa W.	174
A.44	Lista dos docentes do Programa W com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	174
A.45	Lista dos docentes do Programa X.	174
A.46	Lista dos docentes do Programa X com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	175
A.47	Lista dos docentes do Programa Y.	175
A.48	Lista dos docentes do Programa Y com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.	175

Capítulo 1

Introdução

A difusão de conhecimento é uma importante e atual área de pesquisa científica que tem como finalidade amparar o desenvolvimento de políticas públicas tanto do ponto de vista educacional, quanto do ponto de vista de elaboração de estratégias para o desenvolvimento científico. Para atingir este objetivo é necessário a construção de modelos matemáticos que auxiliem na compreensão da complexidade de geração e de difusão de conhecimento nas diversas redes que constituem a sociedade moderna.

De uma maneira geral, nos deparamos com duas abordagens distintas na literatura. A primeira, por se tratar de um fenômeno difusivo, modela a difusão do conhecimento através de equações diferenciais de difusão, em geral difusão anômala, que são tratadas via equações diferenciais fracionárias, Jin e Rundell (2015) [7], ou equações diferenciais parciais de altas ordens, Bevilacqua (2011) [8]. Uma segunda e mais recente abordagem se dá através das redes complexas, que tem como objetivos explorar como se dá o surgimento, a configuração e a evolução das redes em sistemas altamente complexos, onde se enquadram diversas redes de difusão de conhecimento.

Embora o desenvolvimento de modelos via equações diferenciais se demonstre bastante adequado para o estudo de diversos fenômenos de interesse científico e seja uma área de pesquisa bastante atual, dinâmica e relevante, sua aplicação em sistemas altamente complexos demandaria um elevado custo computacional¹.

Neste sentido, levando-se em conta a complexidade do problema sob análise, iremos adotar a perspectiva das redes complexas, para através de uma rede social bem documentada na literatura: a rede de coautoria, estudar a difusão do conhecimento em uma recente área de pesquisa no Brasil: a modelagem matemática. Em

¹Outro aspecto a ser considerado é que a difusão da informação\conhecimento se dá de maneira bastante diferente da difusão de calor, por exemplo. De fato, alguém que transmite informação\conhecimento não fica com menos informação, levando o sistema para um equilíbrio. Tal fato, poderia ser contornado, no entanto, criando-se uma medida de informação\conhecimento relativa. Outro aspecto importante é que as redes de coautoria constituem uma rede sem escala [2] enquanto a modelagem de fenômenos difusivos prevê um comportamento aleatório na microescala. Esta discussão, no entanto, foge ao escopo do presente trabalho.

particular, faremos uma breve resenha do estado da arte através das redes sociais e complexas e estudaremos a difusão do conhecimento em modelagem matemática no Brasil, tomando como base a rede de coautoria em artigos científicos dos pesquisadores e egressos de programas de pós-graduações com perfil de modelagem matemática computacional.

De fato, considerando-se a referida rede de coautoria e após a introdução de alguns conceitos, pretendemos responder a algumas questões acerca do desenvolvimento da modelagem matemática e computacional no Brasil. A fim de embasar nossas respostas, realizaremos alguns experimentos numéricos para a prospecção e análise dos dados da Plataforma Lattes², que recebeu esse nome em homenagem a um dos maiores cientistas brasileiros, o físico César Lattes³. Mais especificamente, adotaremos o ScriptLattes⁴ dos dados acadêmicos para construir e analisar as redes utilizando o programa Gephi⁵.

Cumprе salientar que a escolha da rede de coautoria em modelagem matemática se deu por diversas motivações. Inicialmente, destaca-se que o programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional (PPGMMC), programa no qual é desenvolvido este trabalho, constitui um nó da rede de programas de pós-graduações em modelagem matemática; por outro lado, como ficará mais claro no texto, a rede de coautoria é uma rede social bastante documentada na literatura, levando-se em conta que as relações sociais (a assinatura de um mesmo artigo científico, neste caso) possuem registros disponíveis para serem prospectados – ao contrário de outras redes sociais, como a rede de pessoas conhecidas, por exemplo. Além do mais, a matemática computacional no Brasil é uma rede relativamente recente o que possibilita avaliar seu desenvolvimento através dos dados da plataforma Lattes, o que seria mais difícil em outros grupos de pesquisa mais bem estabelecidos. Finalmente, a modelagem matemática tem se revelado tanto um método de pesquisa científica quanto uma estratégia de ensino e aprendizagem de matemática,

²A Plataforma Lattes é um conjunto de sistemas computacionais do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) que tem por finalidade compatibilizar e integrar as informações coletadas em diferentes momentos de interação da agência com seus usuários, objetivando aprimorar a qualidade da sua base de dados e racionalizar o trabalho dos pesquisadores e estudantes no fornecimento das informações requeridas pelo Conselho. Existe oficialmente desde 1999.

³Césare Mansueto Giulio Lattes (1924-2005), mais conhecido como César Lattes, iniciou pesquisas que contribuiriam para o avanço da ciência em relação à estrutura atômica. Lattes foi co-descobridor do "méson pi" (partícula efêmera, com massa entre a do elétron e a do próton), descoberta que levou o Prêmio Nobel de Física de 1950, concedido a Cecil Frank Powell. Ele também foi um grande líder da física brasileira e uma das principais personalidades por trás da criação do CNPq, que em sua homenagem batizou o sistema utilizado para cadastrar cientistas, pesquisadores e estudantes com o nome de Plataforma Lattes.

⁴Ferramenta de software livre, desenvolvida por Mena-Chalco e Cesar-Jr (2009) [9], para extração e compilação automática de dados acadêmicos de pesquisadores cadastrados na plataforma Lattes.

⁵O Gephi está disponível para baixar em <https://gephi.org>, último acesso em 05/10/2016.

Bassanezi (2013) [10]. Neste sentido, estudar a rede de modelagem matemática pode fornecer subsídios para a compreensão da difusão do conhecimento tanto no contexto científico quanto ensino-aprendizagem de matemática.

1.1 Motivação ou Definição do Problema

Paul Erdős e Alfréd Rényi foram dois proeminentes matemáticos húngaros do século XX, cuja colaboração resultou em mais de trinta publicações conjuntas, dentre os quais destacam-se oito trabalhos sobre a teoria de grafos aleatórios que deram origem ao modelo de Erdős-Rényi, que, desde a sua introdução em 1959, dominou a concepção científica acerca de redes complexas, por quase todo o século XX. Em particular, Paul Erdős publicou 1475 trabalhos, superando qualquer outro matemático na história, com 507 colaboradores. Este feito inspirou o **número de Erdős**⁶ que avalia a distância (em coautoria) de autores em relação a Erdős, da seguinte forma: Erdős recebe número de Erdős zero, os que foram coautores com ele, possuem números de Erdős 1, os que escreveram trabalhos com um coautor de Erdős recebem número de Erdős 2, e assim segue. Um número de Erdős baixo, entre 2 a 5, é motivo de orgulho no meio acadêmico. O matemático brasileiro, Artur Avila, vencedor da medalha Fields em 2014 tem número de Erdős 3, Einstein tem número de Erdős 2, Bill Gates, fundador na Microsoft, tem número de Erdős 4, Stephen Wolfram, inventor do software Mathematica tem 2 e Jean Piaget, famoso psicólogo, tem 3, demonstrando a conexão da rede de coautoria em matemática com outras áreas do conhecimento (2009) [2].

O número de Erdős apresenta um forte indício de que a comunidade científica forma uma rede altamente interconectada, onde os cientistas estão conectados pelos trabalhos acadêmicos que produzem em coautoria. Assim a coautoria representa um forte vínculo social, pois raramente os autores de uma publicação não se conhecem. A rede científica é, portanto, um protótipo em pequena escala de uma rede social, caracterizada pelo fato de que suas conexões são regulamente divulgadas, permitindo-nos estudar a estrutura dessa rede de colaboração⁷.

Em 2001, Mark Newman [12] mostrou que a rede de coautoria composta por físicos, médicos e cientistas da computação compõe uma rede composta por meio de grupos densamente conectados, ligados por algumas conexões fracas. De forma independente, em 2002, Barabási et. al. [13] conectaram todos os matemáticos

⁶*The Erdős Number Project* pode ser consultado no endereço: <http://wwwp.oakland.edu/enp/>, onde se encontra uma grande quantidade de números de Erdős para milhares de matemáticos, para auxiliar que qualquer matemático que tenha ao menos um trabalho publicado possa calcular seu número de Erdős

⁷Embora haja uma distinção entre colaboração e coautoria, sendo a última uma das facetas da segunda [11], neste trabalho iremos usar os termos indistintamente, considerando-se – por um abuso de linguagem – que a colaboração restringe-se na coautoria de pelos menos um trabalho.

por meios de trabalhos publicados entre 1991 e 1998, compondo a rede altamente interligada de 70.975 matemáticos, conectados por mais de 200 mil *links* (conexões) de coautoria. Devido ao alto coeficiente de clusterização da rede real, concluiu-se que os matemáticos não escolhem seus colaboradores de forma aleatória⁸.

Em particular, levando-se em conta a literatura já bastante estabelecida sobre a rede de coautoria – desde o estudo sobre o número de Erdős – neste trabalho investigaremos a rede de coautoria em matemática computacional no Brasil. Iremos construir e analisar os programas de pós-graduações autorizados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) na área de matemática computacional, considerando a rede de coautoria de seus pesquisadores e egressos. Como previamente mencionado, pretendemos responder a algumas questões sobre a difusão do conhecimento em matemática computacional no Brasil, buscando entender como se dá o processo de difusão desse conhecimento.

1.2 Metodologia

A nossa questão geral de pesquisa é criar e analisar a rede de coautoria de modelagem matemática e computacional no Brasil. Nesse contexto temos o interesse de analisar as publicações científicas a partir da criação de uma rede de coautoria. Para suportar a nossa questão de pesquisa, alguns procedimentos metodológicos foram aplicados no contexto dessa pesquisa. Inicialmente, realizamos uma revisão da literatura com objetivo de identificar métodos e técnicas para construção das redes das coautorias. Em seguida, buscamos na literatura atual formas de construir e analisar essas redes de coautoria baseadas em técnicas de análise de redes sociais e de redes complexas. Após a realização desses dois passos, passamos para a coleta, a construção e a análise dos dados, utilizando os recursos computacionais acessíveis, que serão detalhados nas Capítulos 3 e 4, referentes a construção e análise das redes de coautoria em Periódicos de Educação Matemática e a redes das coautorias nos Programas de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional no Brasil, respectivamente.

1.3 Objetivos

O objetivo principal desta pesquisa é caracterizar a rede de coautoria de modelagem matemática e computacional no Brasil, e a partir dos resultados obtidos, criticar e/ou propor melhores estratégias em prol da difusão de conhecimento.

Dentre os objetivos específicos, destacamos:

⁸De fato, enquanto o modelo aleatório de Erdős–Rényi previa um coeficiente de clusterização da ordem de 10^{-5} , o referido trabalho encontrou um coeficiente da ordem de 10^{-1} , ou seja, dez mil vezes maior, demonstrando a inconsistência da aplicação do modelo.

- avaliar o grau de cooperação entre os autores, via coautoria;
- identificar autores e programas de Pós-Graduação mais influentes na difusão do conhecimento;
- determinar as medidas mais importantes para a caracterização da rede;
- verificar a relação entre docente que se destacam nas redes e a bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq;
- verificar se a rede segue uma lei de potência.

1.4 Contribuições e Importância da Pesquisa

A análise de redes complexas é um tema interdisciplinar que envolve diversas áreas de conhecimento, tais como biologia, ciência da computação, física, matemática e sociologia, por exemplo. De fato, diversos problemas que vão desde a linguística, à rede de proteínas da célula, à propagação de doenças sexualmente transmissíveis, à segurança da internet, à rede colaborativa que constitui o mercado financeiro até as redes sociais, como a rede de atores de Hollywood e a rede de cientistas conectados por coautorias, tem sido exploradas com bastante sucesso através do que Barabási (2009) [2] denomina “a nova ciência das redes”.

Em particular, neste trabalho, pretende-se, a partir da rede de coautoria em modelagem matemática, compreender como se dá a difusão do conhecimento. Esta análise pode auxiliar tanto de desenvolvimento de novas políticas públicas em ciência e tecnologia, como na compreensão da difusão do ensino da matemática através da modelagem, o que constitui um novo paradigma no processo de ensino da matemática, menos alienado e mais comprometido com as necessidades da sociedade contemporânea [10].

De fato, o ensino da matemática há muito deixou de ser apenas um processo de repetição e fixação. No mundo atual, onde a tecnologia está ao alcance de grande parte da população, torna-se necessário um novo contexto no processo de ensino-aprendizagem. Os alunos precisam ser estimulados e inseridos nessa nova realidade, eles precisam perceber o quanto a matemática tem um papel fundamental em sua formação, pois não dá para ensinar a quem não quer aprender. Assim, nessa nova realidade de nossas escolas, a modelagem matemática vem trazendo contribuições no processo de ensino-aprendizagem da matemática, sendo um facilitador na sua compreensão e utilização pelos alunos.

Do ponto de vista educacional, no entanto, este novo paradigma ainda se demonstra bastante incipiente e é difícil estabelecer uma métrica para obter algum tipo de medida de sua eficiência, mesmo diante de uma cada vez mais expressiva

literatura de educação matemática, sobretudo no Brasil. Neste sentido, ressaltase que o presente estudo pretende investigar as possíveis contribuições da análise de redes sociais para a difusão do conhecimento em modelagem matemática.

Um trabalho relacionado a este estudo é a tese de Fadigas (2011) [6], na qual ele caracterizou as redes de difusão do conhecimento em matemática, via periódicos de educação matemática de circulação nacional. Fadigas construiu redes formadas pelas palavras dos títulos dos artigos publicados nos periódicos, redes formadas pelos comitês editoriais e redes de coautorias dos artigos. No Capítulo 3, reproduzimos a rede de coautoria por Periódicos de Educação Matemática, como já mencionado, neste trabalho utilizaremos o ScriptLattes, para realizar a prospecção de forma semiautomática.

1.5 Estrutura da Dissertação

Buscando uma compreensão global desde documento, observa-se que ele está organizado da seguinte forma:

- **Considerações Iniciais** - Nesta parte, temos a introdução, onde apresentamos o fenômeno de difusão via duas abordagens distintas na literatura, assim como também destacamos a motivação, os objetivos e a importância da pesquisa. Também introduzimos a discussão sobre modelagem no ensino da matemática e a modelagem matemática e computacional. Temos ainda, um breve resumo sobre a organização do documento.
- **Fundamentação Teórica** - Aqui, faremos uma revisão da literatura que servirá de base para o desenvolvimento deste trabalho. Na Seção 2.1, apresentamos como Euler modelou e solucionou o problema das sete pontes de Königsberg, e também mostraremos algumas definições importantes da teoria de grafos. Nas Seções 2.2 e 2.3 são apresentados conceitos relacionados à análise de redes sociais e redes complexas, respectivamente. Na Seção 2.4, temos um breve comentário sobre difusão de conhecimento.
- **Experimentos Numéricos** - Na Capítulo 3 temos a construção, a análise e a discussão dos resultados obtidos para as redes de coautoria do trabalho de Fadigas (2011) [6]. No Capítulo 4 temos a construção, a análise e a discussão dos resultados obtidos para as redes de coautoria dos programas de Pós-Graduação em Modelagem Matemática. No Capítulo 5, temos a construção, a análise e a discussão dos resultados obtidos para a rede de coautoria de todos os programas de Pós-Graduação em Modelagem Matemática.

- **Considerações Finais** - No capítulo 6, apresentamos os principais resultados da pesquisa e os trabalhos futuros.
- **Referências bibliográficas.**
- **Apêndices.** Apresentamos no Apêndice A, as listas dos docentes de cada programa com seus respectivos rótulos para a identificação e no Apêndice B, os gráficos das redes com seus respectivos rótulos.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Este capítulo tem por finalidade apresentar o referencial teórico necessário para o entendimento da presente pesquisa. Por ser um assunto amplo e de domínio em diversas áreas de conhecimento, procuramos deixar explícito apenas os principais conceitos utilizados. Em particular, temos interesse em criar e analisar redes de coautoria a partir dos conceitos da teoria dos grafos, redes sociais e redes complexas. Para tanto, veremos algumas métricas utilizadas para caracterizar essas redes e adicionalmente, descreveremos alguns modelos de redes complexas.

2.1 Teoria dos Grafos

A teoria dos grafos é um ramo da matemática, que vem sendo amplamente utilizada na formulação de modelos para muitos problemas de interesse da administração de empresas, ciências sociais e engenharias, dentre outros. Como exemplos, estas aplicações incluem problemas como: prever qual o ponto que uma rede deve ser atacada para desconectar essa rede por completo ou desestabilizá-la o máximo possível, assim como, prevenir que uma epidemia se espalhe, ao interromper a rota de entrada de um vírus para uma cidade, um país ou continente.

No ano de 1736, o matemático e físico suíço Leonhard Euler (1707-1783) estabeleceu a base da teoria que deu origem ao estudo dos grafos, quando publicou um artigo relacionando à resolução do problema das sete pontes de Königsberg, que consistia em atravessar todas as pontes da cidade sem repetir a travessia em nenhuma delas. A cidade de Königsberg (atual Kaliningrado), antiga capital da Prússia Oriental, ficava a margem do rio Pregel, onde existiam duas ilhas, que na época estavam ligadas por sete pontes como podemos observar na Figura 2.1.

Euler resolveu o referido problema propondo uma demonstração matemática, na qual estabelecia que com as setes pontes não era possível estabelecer o caminho sem jamais passar por uma mesma ponte duas vezes. A demonstração de Euler é bem simples, ele representou as pontes de Königsberg como um grafo, utilizou nós para

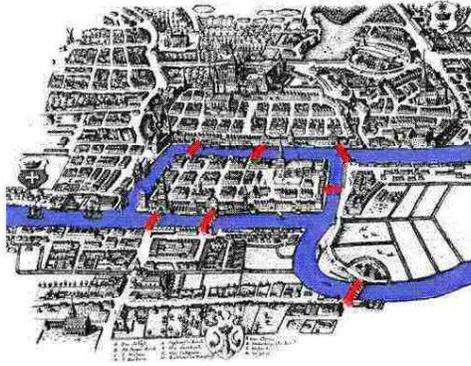


Figura 2.1: uma vista de Königsberg mostrando as sete pontes sobre o rio Pregel, [1].

representar cada uma das quatro faixas de terra separadas pelo rio, diferenciando-as com as letras A, B, C e D. Em seguida, chamou as pontes de *links* e conectou por linhas aqueles trechos de terra interligados por uma ponte, cada ponte é indicada por letras minúsculas de a até g. Na Figura 2.2, temos o grafo utilizado por Euler para representar as pontes de Königsberg, claramente uma simplificação da realidade. A solução acima ficou conhecida como "Caminhos de Euler", e o grafo derivado dessa solução foi denominado "Grafo de Euler". Essa solução serviu de inspiração para outros problemas matemáticos como roteamento de veículos, entregas de correspondência, coleta de lixo, linhas de ônibus e de metrô, circuitos eletrônicos e outras aplicações em diversas áreas, constituindo uma área de pesquisa que ainda é bastante atual e relevante nos dias atuais.

Um grafo, de maneira bem genérica, é uma representação matemática das conexões existentes entre vértices e arestas.

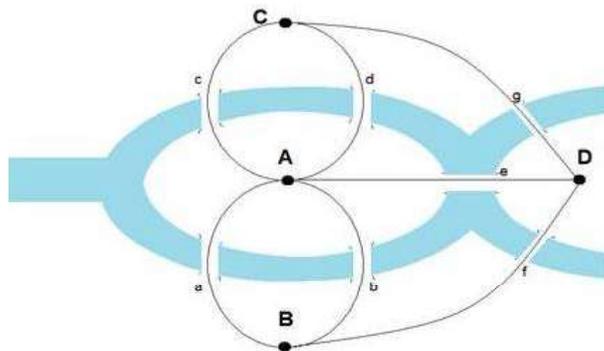


Figura 2.2: grafo de Euler [2].

Através da observação simples, temos a prova euclidiana de que em Königsberg não havia passagem que cruzasse todas as pontes uma única vez. Essa prova consiste no fato de que nós que possuem um número ímpar de *links* devem ser o ponto de

partida ou de chegada do percurso. Assim, um caminho contínuo que atravessasse todas as pontes só pode ter um único ponto de partida e um único ponto de chegada. Portanto, esse caminho não pode existir em um grafo que possui mais de dois nós com um número ímpar de *links*. Observando ainda a Figura 2.2, podemos notar que o grafo de Euler tinha quatro desses nós, logo não era possível encontrar o caminho desejado. Em 1875 a possibilidade de atravessar todas as pontes sem repetir nenhuma delas veio com a construção de uma nova ponte entre B e C, fazendo com que a quantidade de *links* para esses dois nós aumentasse para quatro, e apenas os nós A e D continuariam com um número ímpar de *links*.

Segundo Barabási (2009) [2], após a contribuição de Euler, a teoria dos grafos desenvolveu-se muito com as contribuições de muitos matemáticos, dentre os quais, destacamos Cauchy, Hamilton, Cayley, Kirchhoff e Pólya. Em meados do século XX, o principal objetivo em estudar grafos era descobrir e catalogar suas propriedades e leis de formação. Porém estas questões só foram razoavelmente respondidas em 1959, com o primeiro trabalho publicado de Erdős e Rényi [14], dois matemáticos húngaros, que revolucionaram a teoria dos grafos, que até então concentrava-se exclusivamente em grafos regulares. Eles admitiram que os grafos eram randômicos, e utilizaram-se da aleatoriedade para resolver problemas da teoria dos grafos, se preocupando com a estrutura associada à quantidade de *links* que os nós possuem em um dado grafo.

Nos grafos randômicos os *links* são estabelecidos aleatoriamente por uma distribuição uniforme, em outras palavras, todos os nós possuem a mesma chance de obter *links*. Entretanto, apesar da natureza aleatória dos *links*, se a rede é grande, quase todos os nós terão aproximadamente o mesmo número de *links*. Neste contexto, o universo randômico de Erdős e Rényi prediz que a maioria das pessoas possui aproximadamente o mesmo número de conhecidos; a maioria dos neurônios conecta-se aproximadamente ao mesmo número de outros neurônios; a maioria das empresas negocia com proximamente o mesmo número de outras empresas; a maioria dos sites da internet é acessada aproximadamente pelo mesmo número de visitantes, os autores de artigos científicos produzem ciência com o mesmo número de coautores.

Dessa forma, a teoria randômica de Erdős e Rényi equiparou complexidade a aleatoriedade, e se uma rede era complexa, ela poderia ser descrita como randômica. Assim, a sociedade, a célula, as redes de comunicação e a economia, devido sua complexidade, também concebidas como randômicas.

Entretanto, o modelo de Erdős e Rényi apresenta limitações em relação a diversas redes reais. Em 1998, Watts e Strogatz [5] estudando uma rede neural, descobriram um alto grau de clusterização nessa rede, percebendo que os vizinhos de um neurônio têm cinco vezes mais probabilidade de estarem interligados do que teriam em uma rede randômica. E assim, devido ao interesse por clusterização suscitado pela descoberta de Watts e Strogatz, a comunidade científica começou a estudar

muitos outros tipos de redes, percebendo que a clusterização está presente na *web*, nas redes físicas que conectam os computadores na internet; na rede que descreve como as empresas se vinculam por relações de propriedade; em cadeias alimentares que quantificam como as espécies alimentam-se umas às outras nos ecossistemas, entre outras [2].

Na Subseção seguinte, apresentaremos alguns conceitos básicos relacionados a teoria de grafos que são a base do estudo de redes sociais e redes complexas.

2.1.1 Definições Básicas

Um grafo é uma representação matemática das conexões existentes entre vértices e arestas, que pode ser utilizada para representar uma rede complexa, porém nem todo grafo tem característica de rede complexa, onde a distribuição de graus dos vértices comumente segue uma lei de potência¹ e tem a presença de grupos de vértices fortemente conectados formando *clusters* (aglomerados) de vértices. Já as redes sociais são redes formadas por indivíduos ou algo que possa ser individualizado, com algum grau de relacionamento, [4]. Segundo Barbosa (2000) [15] o termo rede social refere-se ao conjunto de pessoas em uma população e suas conexões. Porém esse termo vai muito além de redes de relacionamento, como no caso do Facebook, Snapchat, Instagram, entre outros. Por exemplo, um grupo de alunos em uma sala de aula, pode ser uma rede social, pois as relações e o comportamento entre eles podem ser modelados por meio de uma rede social, mesmo sem usar qualquer tipo de softwares. Assim, a análise de redes sociais não se restringe àquelas que formadas por meio da internet. De modo mais preciso, temos que:

Definição 1 *Um grafo não orientado, ou simplesmente grafo, é um par $G = (V, E)$, onde V é um conjunto de vértices ou nós e E é um conjunto de arestas ou arcos; cada aresta é um subconjunto de V com 1 ou 2 vértices. Dada uma aresta $(v, w) \in E$, os vértices v e w são denominados extremidades da aresta, dizemos também que a aresta incide sobre os vértices v e w , [16].*

As arestas (ou linhas) são as ligações existentes entre os vértices de um grafo. Elas podem ser dirigidas ou não dirigidas, podem ou não ter peso. Uma aresta que liga um vértice a si mesmo é chamado um laço ou *loop*. No caso em que, entre dois vértices, ocorrer mais de uma aresta, elas são chamadas de arestas múltiplas. Indicaremos por $|V|$ e $|E|$, respectivamente, o número de vértices e o número de arestas de um grafo G .

¹Dizer que a distribuição de graus segue a lei de potência significa que a distribuição apresenta um grande número de vértices com poucas conexões e um pequeno número de vértices com muitas conexões, como ficará mais claro no decorrer do texto.

Segundo Newman (2010) [17], redes sociais são redes em que o vértice é uma pessoa, ou às vezes grupos de pessoas, e as arestas representam alguma forma de interação social entre elas, tais como amizade. Por outro lado, as redes complexas possuem propriedades topológicas que as diferenciam dos grafos simples, tal como: distribuição dos graus que satisfaz a uma lei de; alto coeficiente de aglomeração; assortatividade ou disassortatividade entre seus vértices; estrutura de comunidade em qualquer escala; evidência de estrutura hierárquica, [6].

Existem alguns grafos especiais, que são amplamente estudados tanto na teoria dos grafos, quanto na análise de redes sociais e redes complexas, podemos citar: grafo completo, grafo vazio, grafo bipartido, grafo estrela, grafo círculo e grafo linha, que serão apresentados adiante. Antes de definir grafo completo precisamos de dois conceitos, um deles é o de **grafo simples**, que é um grafo sem arestas múltiplas e sem laços. O outro é de **vértices adjacentes**, vértices que são extremidades de uma mesma aresta.

Definição 2 Um **grafo completo** é um grafo simples onde quaisquer dois vértices são adjacentes. Se o grafo possui n vértices então cada vértice está ligado aos $(n - 1)$ vértices restantes. Dessa forma o número de arestas de um grafo completo é dado por $n(n - 1) / 2$.

Na Figura 2.3 temos um exemplo de um grafo completo.

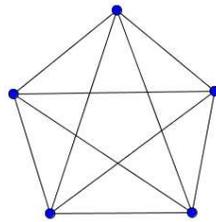


Figura 2.3: exemplo de grafo completo.

Definição 3 Grafo vazio é aquele no qual nenhum par de vértices é adjacente, ou seja, o conjunto de arestas é vazio (veja Figura 2.4).

Definição 4 Um grafo k -partido é um grafo G no qual existe uma partição do conjunto de vértices V em k subconjuntos não vazios e disjuntos dois a dois (isto é, $V = Y_1 \cup \dots \cup Y_k$ com $Y_i \cap Y_j = \emptyset$, para todo $i \neq j$), de modo que as arestas de G sejam da forma $\{p, q\}$ com p em Y_i e q em Y_j . Portanto, não existem vértices adjacentes em um mesmo subconjunto da partição. Para os casos particulares em que $k = 2$ ou $k = 3$ usamos a denominação de **grafo bipartido** ou **grafo tripartido**, respectivamente, [18].

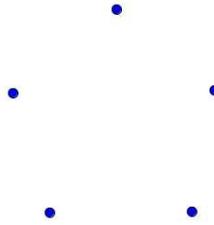


Figura 2.4: exemplo de grafo vazio.

Definição 5 Um **grafo bipartido completo** é um grafo $G(V = V_1 \cup V_2, E)$ bipartido tal que cada vértice de V_1 é adjacente a todo vértice de V_2 . Se $|V_1| = r$ e $|V_2| = s$, escrevemos $G = K_{r,s}$. **Grafo estrela** é um grafo bipartido completo onde o tamanho de uma das partições igual a 1, ou seja é um grafo do tipo $K_{1,n}$, [18].

Para uma melhor compreensão das definições acima, veja as Figuras 2.5, 2.6 e 2.7, que representam de um grafo bipartido, um grafo bipartido completo e um grafo estrela, respectivamente.

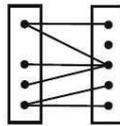


Figura 2.5: exemplo de grafo bipartido [3].

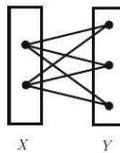


Figura 2.6: exemplo de grafo bipartido completo [3].

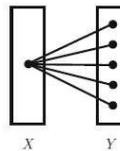


Figura 2.7: exemplo de grafo estrela [3].

Definição 6 Grafo círculo é um grafo simples completo, onde cada vértice possui apenas dois vizinhos (veja Figura 2.8).

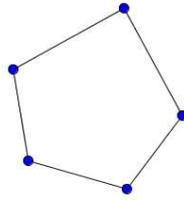


Figura 2.8: exemplo de grafo círculo.



Figura 2.9: exemplo de grafo linha.

Definição 7 Grafo linha é um grafo simples onde dois vértices possuem apenas um vizinho e os demais possuem dois vizinhos (veja Figura 2.9).

Grafos podem diferir ainda segundo outros critérios: podem ser direcionados, não direcionados ou mistos, de acordo com a direção de suas arestas. Uma aresta dirigida (ou arco) é tal que uma de suas extremidades é denominada de cauda e a outra de cabeça. A aresta é dirigida da cauda para a cabeça.

Definição 8 Um grafo dirigido ou digrafo é aquele cujas arestas são dirigidas. Um **grafo dirigido simples** é um grafo sem laços e sem arestas múltiplas (veja Figura 2.10).

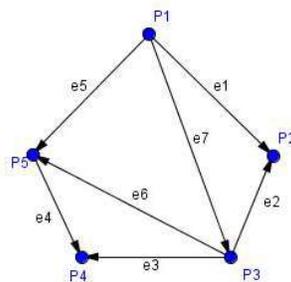


Figura 2.10: exemplo de grafo dirigido.

Definição 9 O grau de um vértice, também chamado de **conectividade**, é o número de conexões que um vértice tem, ou seja, a quantos vértices ele está conectado. **Grau de entrada** se refere ao número de conexões que um vértice recebe. Já **grau de saída** se refere ao número de conexões que um vértice faz, ou seja, quais conexões se originam desse vértice, no caso de arestas direcionadas.

Definição 10 Um passeio W em um grafo G é uma sequência alternada de vértices e arestas $W = v_0e_1v_1e_2\dots e_pv_p$, tal que para $j = 1, \dots, n$, os vértices v_{j-1} e v_j são os extremos da aresta e_j . W é um **passeio dirigido** se a aresta e_j é dirigida de v_{j-1} e v_j , $\forall j = 1, \dots, n$. Em um passeio, o vértice inicial é v_0 e o vértice final é v_p . Um passeio é fechado se $v_0 = v_p$, caso contrário ele é aberto. Chamamos de **trilha** um passeio onde nenhuma aresta ocorre mais de uma vez. Um **caminho** em um grafo é uma trilha onde nenhum vértice é repetido. O **comprimento** de um passeio é o seu número de arestas.

No grafo representado pela Figura 2.11, $v_5e_7v_1e_1v_2e_4v_4e_5v_1e_7v_5e_9v_6$ é um passeio mas não é uma trilha, pois a aresta e_7 se repete. Temos que $v_1e_1v_2e_2v_3e_3v_2e_1v_1$ é um passeio fechado e $v_1e_1v_2e_4v_4e_5v_1e_7v_5$ é uma trilha. Além disso, $v_6e_8v_1e_1v_2e_2v_3$ é exemplo de um caminho.

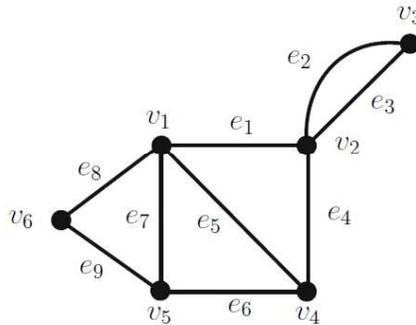


Figura 2.11: exemplos de passeio, trilha e caminho [3].

Definição 11 A **distância** entre dois vértices (ou *geodésica*) em um grafo é o comprimento de menor caminho entre eles. Denotaremos a distância entre dois vértices v_i e v_j por $d(v_i, v_j)$.

Dessa forma, a distância geodésica, também chamado de caminho geodésico ou caminho mínimo, é aquele formado pelo menor número de arestas que conectam um vértice origem e um vértice destino. Um evento importante histórico que serve como exemplo para ilustrar a importância dessa métrica, foi o experimento realizado por Stanley Milgram em 1960, que consistia que uma carta fosse entregue a um indivíduo, que não fosse o destinatário, e ele a repassasse a um outro e, assim, por diante, até chegar ao destinatário. Nesse experimento, observou-se que em aproximadamente seis passagens ela chegaria ao destinatário. Esse resultado é uma demonstração direta, que ficou conhecida como: efeito pequeno-mundo, em que o caminho percorrido pela carta, partindo de um indivíduo qualquer até o destinatário, é relativamente pequeno.

Definição 12 Um grafo subjacente a um grafo direcionado G é um grafo obtido quando substituímos cada aresta do grafo G por uma aresta não direcionada. Na Figura 2.12 temos um grafo dirigido D e seu grafo subjacente $G(D)$.

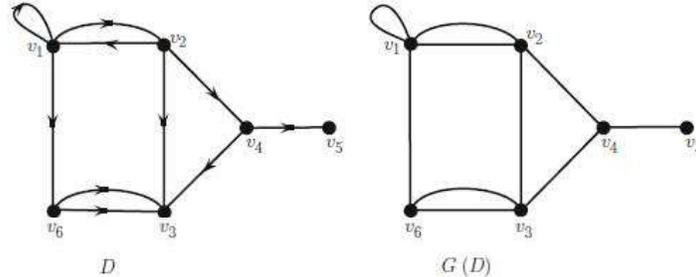


Figura 2.12: exemplos de grafo dirigido e seu grafo subjacente [3].

Definição 13 Um grafo conectado é um grafo onde existe um passeio entre cada par de vértices. Se um vértice não é conectado, diz-se que é desconectado. Na Figura 2.3 temos um exemplo de um grafo conectado.

Definição 14 A excentricidade de um vértice v_i em um grafo conectado é a distância ao vértice mais afastado de v_i . Um raio de um grafo conectado é a sua excentricidade mínima e o diâmetro é a sua excentricidade máxima.

Definição 15 Subgrafos são grafos obtidos quando são retirados arestas ou vértices de um grafo. Assim, um subgrafo de um grafo G é um grafo H tal que $V_H \subset V_G$ e $E_H \subset E_G$. Um subgrafo H de G é um subgrafo próprio de G se $V_H \neq V_G$ ou $E_H \neq E_G$. G é um supergrafo de H , se H é um subgrafo próprio de G . Já um subdigrafo de um grafo dirigido G é um grafo dirigido H onde todos os seus vértices e arcos estão em G .

Os grafos $G \setminus e$ e $G \setminus E$, das Figuras 2.14 e 2.15, são subgrafos do grafo G da Figura 2.13. caminho mínimo médio. Em particular o grafo $G \setminus E$ é também subgrafo de $G \setminus e$.

Um importante conceito a ser explorado neste trabalho é o conceito de clique, formalizado através das definições a seguir.

Definição 16 Os nós em um grafo desconectado podem ser particionados em dois ou mais subconjuntos, nos quais não existe caminho entre os nós dos diferentes subconjuntos. Os subgrafos conectados em um grafo são denominados componentes. Assim, um componente de um grafo G é um subgrafo maximal conectado de G .

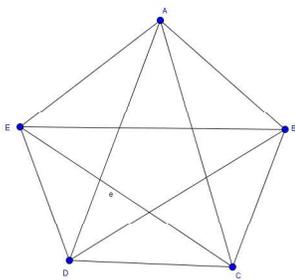


Figura 2.13: grafo G .

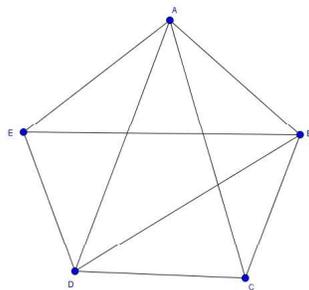


Figura 2.14: grafo $G \setminus e$.

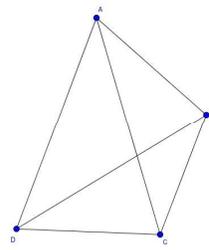


Figura 2.15: grafo $G \setminus E$.

As arestas de um grafo podem apresentar pesos ou não, caso não apresentem peso, assume-se o mesmo peso igual a 1 para todas as arestas. Um exemplo em que o grafo de interesse pode apresentar peso ocorre no caso de roteamento de veículos, onde o peso entre dois vértices pode representar a distância entre as cidades, por exemplo o peso das arestas influencia diretamente em diversas métricas de grafos, conforme apresentaremos neste trabalho.

Definição 17 *Os grafos valorados ou ponderados são grafos que apresentar valores (ou pesos) associados as arestas ou arcos. Se, além disso, os grafos forem dirigidos, chamamo-los de grafos dirigidos valorados ou ponderados.*

Definição 18 *Sendo V_G o conjunto de vértices do grafo G , um subconjunto S de V_G é chamado de **clique** se cada par de vértices em S é ligado por no mínimo uma aresta e nenhum conjunto próprio de S tem essa propriedade. Ou seja, um clique de um grafo G é um subconjunto maximal de vértices mutuamente adjacentes em G .*

Assim, em um clique todos os vértices estão conectados entre si. O clique mais comum em redes é um **trio**. Por trio, entende-se como o conjunto de três vértices conectados entre si, formando um triângulo. O grafo $G \setminus E$ da Figura 2.15 é um clique de G .

2.1.2 Gráficos e Matrizes

Uma maneira natural de representar um grafo é utilizar uma matriz, possibilitando assim o uso de todas as manipulações algébricas e resultados teóricos da álgebra linear.

Definição 19 *Dado um grafo de n vértices, o (i, j) -ésimo elemento da matriz $A(G)$ é igual a 1 se existe pelo menos uma aresta ligando os vértices P_i e P_j ; caso contrário, o (i, j) -ésimo elemento é igual a zero. A matriz assim construída é denominada a **matriz de adjacência** de G , [19].*

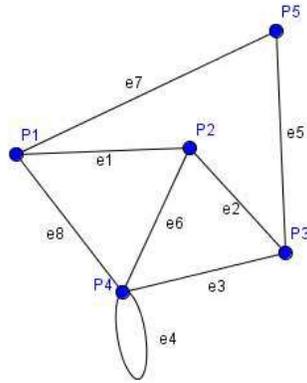


Figura 2.16: Exemplo de grafo.

Na Figura 2.16, temos um exemplo de grafo e abaixo a sua matriz de adjacência $A(G)$.

$$A(G) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Definição 20 A *matriz de incidência para um grafo* G é uma matriz $B(G)$ de dimensões $m \times n$, tal que $b_{ij} = 0$ se v_i não é extremidade de e_j ; $b_{ij} = 1$ se e_j é extremidade de v_i ; $b_{ij} = 2$ se e_j é um loop em v_i .

A matriz $B(G)$ representa a matriz de incidência do grafo da Figura 2.16.

$$B(G) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Definição 21 A *matriz de incidência para um grafo dirigido* G é uma matriz $C(G)$ de dimensões $m \times n$, tal que $c_{ij} = 0$ se v_i não é extremidade de e_j ; $c_{ij} = 1$ se e_j é incidente a v_i , ou seja, se v_i é cabeça de e_j ; $c_{ij} = -1$ se v_i é cauda de e_j ; $c_{ij} = 2$ se e_j é um loop em v_i .

A matriz $C(G)$, representa a matriz de incidência do grafo da Figura 2.10.

$$C(G) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

2.1.3 Conectividade

Um dos conceitos básicos na teoria dos grafos é a conectividade, que se refere ao número mínimo de elementos (vértices ou arestas) que precisam ser removidos para desconectar os vértices restantes uns dos outros. A determinação do número de arestas ou vértices que podem ser removidos até o grafo torna-se desconectado é uma informação importante na análise de redes sociais e na teoria das redes complexas, pois está diretamente ligada a segurança de uma rede. A conectividade de um grafo é, portanto, uma importante medida da robustez.

Definição 22 *A aresta de corte ou ponte é a aresta que é retirada para desconectar um grafo. Analogamente, vértice ou ponto de corte é o vértice que quando retirado implica na desconexão de um grafo. Esse é um importante conceito, pois dependendo de onde retira-se uma aresta ou um vértice, podemos desconectar toda uma rede, pondo em risco a segurança da mesma.*

2.2 Redes Sociais

Como previamente mencionado Garbado (2015) [4], define redes sociais como redes formadas por indivíduos (ou algo que possa ser individualizado) com algum grau de relacionamento. Assim, esse conceito não se associa a exclusivamente as redes de relacionamento.

As redes de relacionamento tem se desenvolvido muito nos últimos anos, principalmente com o crescente uso de smartphones e dispositivos móveis conectados à internet. Cada vez mais, as pessoas passam mais tempo conectadas em redes com milhões/bilhões de usuários. Na tabela 2.1, temos o número mensal de usuários ativos das principais redes de relacionamento².

Com esse crescimento, várias empresas descobriram o grande apelo comercial que existe na força das redes sociais, anunciando produtos e serviços, desenvolvendo campanhas de marketing e propagandas online. Assim, para resolver problemas relacionados a esse avanço e criar ferramentas que acompanhe esse progresso, foram criados novos profissionais da área e a incorporados sites, perfis, estratégias e

²Dados disponíveis em: <<https://www.thesocialmediahat.com/active-users>>. Acesso em 16 de abril 2016.

Tabela 2.1: Números de usuários aproximado das principais redes sociais.

Rede de relacionamento	Número de usuários	Data da Informação	Serviço criado em
Facebook	1,59 bilhão	Janeiro/2016	Fevereiro/2004
YouTube	1 bilhão	Março/2013	Maio/2005
Google+	540 milhões	Outubro/2013	Junho/2011
Instagram	400 milhões	Setembro/2015	Outubro/2010
Twitter	320 milhões	Setembro/2015	Março/2006
Vine	200 milhões	Setembro/2015	Janeiro/2013
Linkedin	100 milhões	Outubro/2015	Maio/2003
Pinterest	100 milhões	Setembro/2015	Março/2010

métricas em um ramo de estudo da ciência da computação denominada de redes complexas, que por sua vez está associada a um ramo da matemática aplicada denominada teoria dos grafos, como previamente já mencionado. As redes sociais, enquanto inseridas no contexto de redes complexas, são também ferramentas úteis para o estudo de outras aplicações, a exemplo de redes de atores de filmes, rede de diretores de empresas, redes de coautoria de artigos científicos, redes de relacionamentos virtuais via internet, redes de disseminação de doenças, entre outras.

Para Marteleto (2001) [20], a rede social representa um conjunto de participantes autônomos, unindo ideias e recursos em torno de valores e interesses compartilhados. Conforme Degenne e Forsé (1994) [21] a análise de redes sociais é um conjunto de métodos para o estudo sistemático de estruturas sociais. Em contrapartida, para Freeman (2004) [22], quando se aplica uma abordagem estrutural que examina as ligações entre determinados objetos em ciências sociais, baseada no estudo da interação entre atores sociais, esta é chamada de análise de redes sociais. Para exemplificar, temos que na astrofísica se estuda a atração gravitacional entre planetas do sistema solar; na química se estuda as interações entre átomos que formam diferentes moléculas; na engenharia elétrica observam-se as interações entre componentes eletrônicos; na biologia, os ecossistemas são campos de observação para os comportamentos de interação entre espécies.

2.2.1 Breve Histórico

Fadigas (2011) [6] sugere que o início da análise de redes sociais moderna se deu a partir da publicação do livro *Who Shall Survive?* em 1953 por Moreno [23]. Conforme Marteleto (2001) [20], houve um grande investimento acadêmico nos estudos de redes a partir do campos das relações internacionais, tendo significação na história recente das ciências políticas, pois com a ordem e desordem nos sistemas políticos vinculados a globalização e o fim da Segunda Guerra Mundial e da Guerra Fria,

ocorreu uma redefinição dos atores nas relações internacionais.

Scott (2002) [24], destaca três linhas principais para chegar ao conceito atual de análise de redes sociais, que são: os analistas sociométricos, que formalizaram as relações sociais em pequenos grupos, desenvolveram a sociometria e a aplicação de análise de grafos à análise social; a escola de Harvard da década de 1930, que explora as relações interpessoais e formação de cliques; e os antropologistas de Manchester que seguiram a partir dessas duas linhas para investigar estruturas de comunidades.

Conforme Fadigas (2011) [6], uma das primeiras iniciativas relacionadas a análise de redes sociais no Brasil é o estudo de Marteleto (2001) [20] que aplicou a análise de redes sociais no estudo de fluxo e transferência de informações. Matheus e Silva (2006) [25] publicaram um estudo sobre a análise de redes sociais como método para a ciência da informação e ainda Silva et al. (2006) [26] aplicaram a análise de redes sociais em estudos de redes de coautoria e interdisciplinaridade. Em 2007, Pereira et al. [27] aplicaram os conceitos de análise de redes sociais e redes complexas para o estudo de informações e conhecimento em arranjos produtivos locais. Caldeira (2005) [28] e Teixeira (2010) [29] aplicaram os métodos das Redes Complexas no estudo de redes semânticas. A continuidade dessas pesquisas segue Fadigas et al. (2009) [30] e Pereira et al. 2011 [31] no estudo de redes de palavras dos títulos de artigos e Rosa et al. (2014) [32] no estudo de redes de coautoria. Mais adiante, em experimentos numéricos, reproduziremos a pesquisa de Fadigas (2011) [6], no estudo de redes de coautoria em revistas de educação matemática. Finalmente, iremos explorar as redes de coautoria nos Programas de Pós-Graduação em Modelagem.

2.2.2 Conceitos básicos

Marteleto (2004) [33] define uma rede como um conjunto de atores (ou nós, pontos ou agentes) entre os quais existem vínculos (ou relações). Pode haver muitos ou poucos atores e pode existir uma ou mais classes de relações entre eles. De uma maneira geral, para se entender bem a rede, deve se conhecer as relações entre cada par de atores da população estudada. Por outro lado, segundo Barbosa(2000) [15], uma rede pode ser definida como um conjunto de nós conectados, em que estes nós podem ser pessoas, grupos ou outras unidades, e as ligações podem ser simétricas ou assimétricas. Assim, rede social refere-se ao conjunto de pessoas em uma população e suas conexões. A análise de redes sociais baseia-se na importância das relações entre unidades que interagem, isto é, relações definidas como ligações entre unidades constituem componente fundamental das teorias de redes. As regularidades ou padrões de interação dão origem às estruturas. Pode-se dizer, portanto, que a unidade de investigação na análise de redes é uma coleção de indivíduos e seus laços. Os laços relacionados são as propriedades primárias, e os atributos dos atores são as

propriedades secundárias.

Os métodos de redes analisam dados que são bastante distintos daqueles que habitualmente encontramos nas ciências sociais e do comportamento. Conceitualmente, a análise de dados dispõe de um conjunto de medidas tomadas de unidades individuais ou casos, originando o arranjo de dados de "casos-por-variáveis". A análise de redes sociais está explicitamente interessada na interrelação das unidades sociais, Barbosa (2000) [15].

Wasserman e Faust (1997) [34] apontam como princípios que distinguem análise de redes sociais de outras abordagens de pesquisa: que os atores e suas ações são ações interdependentes; os laços relacionais entre os atores são canais de transferência ou fluxo de recursos (material ou não material); olhando a rede como indivíduo, o ambiente estrutural da rede proporciona oportunidades ou restrições para a ação do indivíduo; os modelos de rede conceituam uma estrutura social, econômica, política, entre outras, como padrão duradouro de relações entre os atores.

Wellman (1988) [35] aponta cinco princípios gerais para a análise de redes sociais como um paradigma:

1. Quando estruturadas, as relações sociais são uma fonte mais potente de explicação sociológica do que atributos pessoais dos membros dos sistemas;
2. Normas emergem a partir da localização em sistemas estruturados de relações sociais;
3. As estruturas sociais determinam o funcionamento das relações diádicas;
4. O mundo é composto de redes, e não de grupos;
5. Os métodos estruturais suplementam e suplantam os métodos individualistas.

Olhando as redes como um princípio básico, diferentes níveis de análise podem ser realizadas, e precisamos de alguns conceitos, tais como: atores, laços relacionais, díade, tríade, subgrupo, grupo, relações e rede, que veremos a seguir.

Definição 23 Atores *são as entidades sociais de uma rede. Podem ser individuais, corporativas ou unidades sociais coletivas.*

Definição 24 Laços relacionais *são os tipos de laços que ligam o atores. Nas redes de coautoria, dois autores estão ligados se são autores de um mesmo artigo, por exemplo.*

Uma conexão entre dois atores em uma rede social é chamada de ligação, sendo definida por algum tipo de relação entre esses atores, conforme o tipo de sociedade.

Por exemplo, entre empresas, a ligação pode ser um contrato comercial de fornecimento. O laço hierárquico, se considerarmos o organograma, ou pode ser o envio de e-mails, numa rede de relações de amizade. Entre países, podem ser as relações diplomáticas, e assim por diante.

Neste trabalho, os atores são os docentes dos Programas de Pós-Graduação em Modelagem e o laço relacional é a coautoria existente entre dois docentes dessa rede.

Definição 25 *Uma díade é um subgrafo gerado por nós, e representa um par de atores e as possíveis ligações entre eles, veja (Figura 2.17).*



Figura 2.17: exemplo de díade.

Em um grafo, um par de nós não ordenados pode estar somente em dois estados: os dois nós são adjacentes ou não adjacentes. Há somente dois estados diádicos para uma relação não direcionada representada como um grafo que é a de existência ou não existência de ligação entre os elementos do par.

Definição 26 *Uma tríade é um subgrafo constituído de três nós e das possíveis linhas entre eles, ou seja, uma tríade consiste em uma tripla de atores e os possíveis laços entre eles, veja (Figura 2.18).*

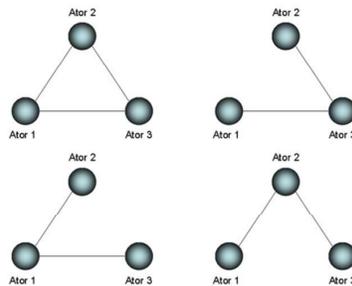


Figura 2.18: exemplos de tríade.

Definição 27 *Um subgrupo é qualquer conjunto de atores e todos os laços entre eles.*

Definição 28 *Um grupo é a coleção de todos os atores que por razões conceituais, teóricas ou empíricas são tratados como um conjunto de indivíduos no qual as métricas são calculadas.*

Definição 29 *Uma relação é a coleção de laços de uma determinada classe entre membros de um grupo.*

Definição 30 *Uma rede social é um conjunto de atores e a relação ou relações estabelecidas entre eles.*

No interior de um grupo, encontraremos muitas díades e tríades, assim qualquer subconjunto de atores, dentro de um grupo, é um subgrupo. Isto pode ser muito importante no estudo de redes sociais complexas e extensas, com a análise de subgrupos específicos, delimitados dentro do grupo. Na Figura 2.19, os vértices de A à N formam um grupo, um exemplo de um subgrupo temos o subgrafo formado pelos vértices A , B , C e D , o subgrupo formado pelos vértices E e F formam uma díade e o subgrupo formado pelos vértices L , M e N é um exemplo de tríade.

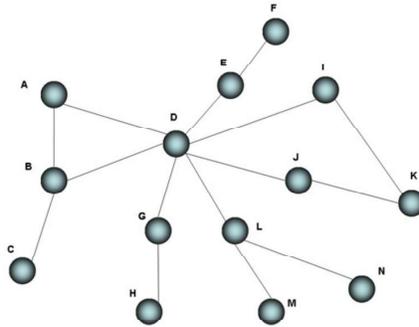


Figura 2.19: exemplo de grupo.

2.2.3 Grafos em redes sociais

Podemos descrever matematicamente os dados de interesse de redes sociais pelas abordagens de grafos, sociométrica ou algébrica. A nossa escolha da utilização de grafos para representar redes sociais, se deve ao fato que a teoria dos grafos fornece meios para rotular e denotar propriedades estruturais, provê também operações matemáticas e ideias com as quais muitas dessas propriedades podem ser modificadas e medidas, além de proporcionar provas matemáticas, sobre representações de estruturas sociais. Finalmente, a teoria dos grafos facilita a representação visual. As ferramentas computacionais com interfaces gráficas permitem manipular cores, tamanhos e formas de vértices e arestas, facilitando a compreensão dos fenômenos sob análise.

Um grafo modela uma rede social (ou complexa) que tem uma relação dicotômica não dirigida. Utilizando essa representação, em termos de vértices e arestas em análise de redes sociais é chamada de sociograma. Se a relação entre os atores de

uma rede é direcionada, a modelagem é feita por grafos dirigidos, onde as ligações entre os vértices são arestas orientadas.

A seguir, vamos enfatizar alguns conceitos importantes, um deles é o grau do vértice, já definido anteriormente. Para nosso estudo, denotaremos o grau de um vértice v_i por $k(v_i)$ ou simplesmente por k_i . Em redes sociais modeladas por grafos, o grau mínimo é 0, no caso de termos um vértice isolado, e o grau máximo é $n - 1$, onde n representa o número total de vértices na rede. Uma importante medida central associada ao grau, é o **grau médio** da rede denotado por $\langle k \rangle$ e dada pela equação:

$$\langle k \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n k(v_i)}{n} = \frac{2|\varepsilon|}{n}, \quad (2.1)$$

onde $|\varepsilon|$ representa o número total de arestas existentes no grafo.

No grafo da Figura 2.20, temos que os seguintes graus para os vértices: $k_A = k_C = k_F = 3$ e $k_B = 5$, $k_D = k_E = 1$. Podemos observar neste mesmo grafo que o grau médio da rede é dado por $\langle k \rangle = \frac{16}{6} = 2.66\bar{6}$.

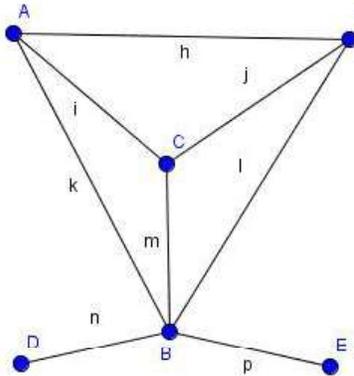


Figura 2.20: exemplo de grafo.

Para grafos não direcionados, também é possível classificar o grau de um vértice considerando o **grau de saída** e o **grau de entrada**, na linguagem de redes sociais, o grau de saída diz o quanto o ator é expansivo, enquanto o grau de entrada representa a popularidade desse ator. Essas medidas podem ser traduzidas no grau médio de entrada e o grau médio de saída, denotados por k_i e k_o , respectivamente, são dados por:

$$\langle k_i \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n k_i(v_i)}{n}, \quad (2.2)$$

$$\langle k_o \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n k_o(v_i)}{n}. \quad (2.3)$$

Uma outra importante medida é a **densidade**, que é uma medida de coesão da rede com o todo, levando-se em conta o número proporcional das arestas. Assim, a densidade é dada pela razão entre o número total de arestas existentes e o número máximo de arestas, que é determinado pelo número de vértices no grafo, a densidade, denotada por Δ , é dada por:

$$\Delta = \frac{2|\varepsilon|}{n(n-1)}. \quad (2.4)$$

Este valor varia entre 0, se não existirem arestas no grafo, até 1, quando todas as arestas possíveis estão presentes na rede (no caso de um grafo completo). As equações (2.1) e (2.4) podem ser relacionadas, de tal modo que a densidade pode ser expressa como função do grau médio pela equação (2.5), assim a densidade de um grafo é a proporção média das arestas incidentes com os vértices, ou ainda a relação entre o grau médio e o grau máximo k_{max} .

$$\Delta = \frac{2|\varepsilon|}{n(n-1)} = \frac{n\langle k \rangle}{n(n-1)} = \frac{\langle k \rangle}{n-1} = \frac{\langle k \rangle}{k_{max}}. \quad (2.5)$$

Na Figura 2.21 temos um grafo com 9 arestas e 5 nós, logo grau médio $\langle k \rangle = \frac{18}{5} = 3.6$ e a densidade $\Delta = \frac{3.6}{4} = 0.9$.

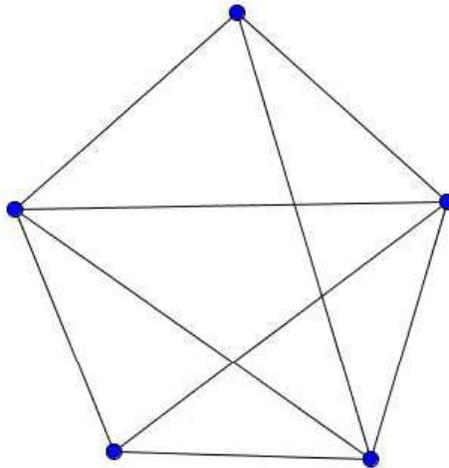


Figura 2.21: exemplo de grafo para cálculo do grau médio e a densidade.

Na Figura 2.22 temos a distribuição de grau para os vértices do grafo da Figura 2.21, note que temos dois vértices que se conectam com os outros através de três arestas, e também há três nós conectados com outros por quatro arestas. Embora o gráfico da Figura 2.22 seja bem elementar, neste exemplo, a distribuição de grau desempenha um importante papel em redes complexas.

Para uma rede, a distribuição de grau fornece uma forte indicação sobre o modelo

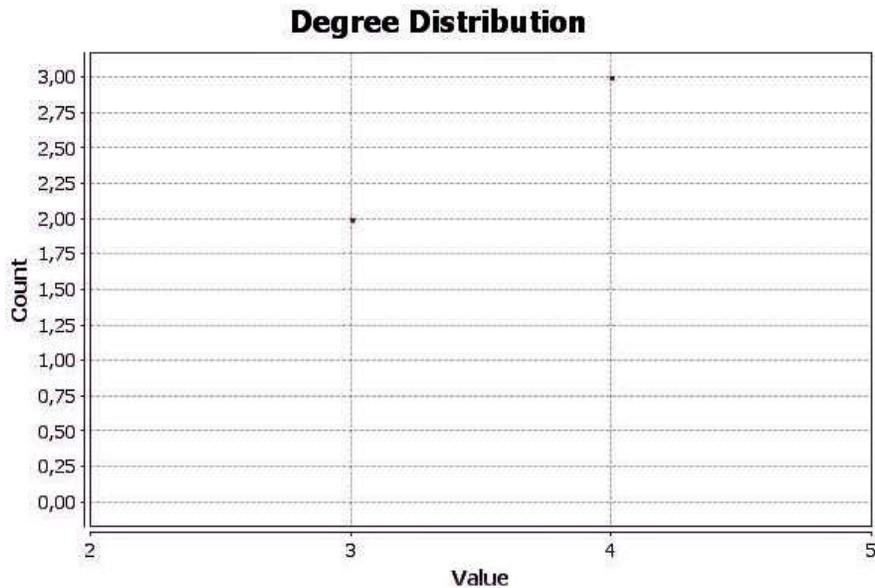


Figura 2.22: distribuição de graus para o grafo da Figura 2.21.

apropriado para seu estudo. Se a curva obtida tem a forma de sino, o modelo de Erdős–Rényi, de grafos aleatórios, pode ser o mais apropriado. No entanto, se a curva segue uma lei de potência, com alguns poucos nós com muitas conexões e muitos nós com poucas conexões, o modelo de Barabási–Albert pode ser o mais adequado. Mais adiante iremos aprofundar o estudo destes dois modelos.

Outras duas medidas que devemos ressaltar são: a distância e o diâmetro. Anteriormente, vimos que o menor caminho é chamado de geodésica, e a distância entre dois vértices é dada pelo comprimento da geodésica. Em redes sociais, a distância entre dois vértices apresenta o quão dois atores estão próximos na rede, e é de fundamental importância para a definição de centralidade. Por outro lado, diâmetro é a maior distância geodésica. Em redes sociais o diâmetro representa o quão afastado dois atores estão na rede. O diâmetro só faz sentido se existe um caminho entre dois vértices quaisquer na rede. Portanto, se o caminho não existe, o diâmetro não pode ser definido.

Outra medida de coesão baseado em componentes é a **fragmentação**, denotada por $Frag$, que é a razão entre o número de componentes, denotado por $Comp$, e o número de vértices n em uma rede, ou seja,

$$Frag = \frac{Comp}{n}. \quad (2.6)$$

Para corrigir o problema de normalização e o fato desse conceito não levar em conta o tamanho dos componentes, utiliza-se a equação:

$$F_{comp} = \frac{Comp - 1}{n - 1}, \quad (2.7)$$

que é 0 se a rede é conectada (ou seja, temos apenas 1 componente) e 1 se a rede é totalmente desconectada, ou seja, formada por n vértices isolados.

Borgatti (2006) [36], propõe um **índice de fragmentação** que considera tanto a normalização quanto o tamanho dos componentes. Neste caso, o grau de fragmentação F de uma rede é definido como a razão entre o número de pares de vértices que não estão conectados em uma rede fragmentada e o possível número de pares na rede original totalmente conectada, dada por:

$$F = 1 - \frac{\sum_{j=1}^m n_j (n_j - 1)}{n(n - 1)}, \quad (2.8)$$

onde n_j é o número de vértices no componente j e m é o número de componentes na rede. Assim, $F = 0$ se a rede não é fragmentada e $F = 1$ se a rede é totalmente fragmentada. No caso em que a fragmentação é maior que zero, o grafo é desconectado.

Um outro conceito importante é o de **transitividade**, que aprecia os padrões de triplas de atores em uma rede, ou triplas de vértices em um grafo. Se v_i está relacionado a v_j , e este, por sua vez, está relacionado com v_k , logo v_i está relacionado com v_k , e esta relação é chamada de transitiva. A relação de transitividade tem relação com o coeficiente de aglomeração usado na teoria de redes complexas, que será apresentado mais adiante.

Outro conceito fundamental é o de **centralidade**, que vem sendo aplicado em diversos problemas, tais como: determinar o fluxo em redes de transporte; para estudar a integração política no contexto da diversidade da vida social; para perceber o desenvolvimento urbano em caminhos em redes de comunicações; para projetos de organização; para explicar o padrão da difusão de uma tecnologia de informação em diversos setores da economia, entre outros.

No contexto de redes sociais, um ator é dito **proeminente** se os laços que ele estabelece na rede o torna visível em relação aos demais atores. Assim, para determinar se um ator é mais visível, verifica-se dois tipos de proeminência, que são **centralidade** e **prestígio**. Na centralidade o que importa é o envolvimento do ator com outros na rede, sem distinção se o ator escolhe ou é escolhido nos laços estabelecidos. Desse modo, as relações são não direcionais e para calcular a centralidade usamos grafos não dirigidos. No caso do prestígio há distinção se um ator escolhe ou é escolhido, nesse caso um ator é dito ter prestígio se recebe extensivos laços, portanto as relações são direcionais e o estudo do prestígio é realizado por grafos dirigidos. Finalmente, as medidas de centralidade podem ser feitas em nível local, no caso do ator, ou em nível global, quando se trata de grupos ou da rede total.

Neste trabalho, utilizaremos a centralidade como métrica para análise das redes.

Na literatura podemos encontrar diversas medidas de centralidade para os vértices, que buscam avaliar a importância de um determinado vértice em relação ao grafo. Em análise de redes sociais é de fundamental importância conhecer os nós centrais da rede, visto que são estes que mais influenciam na propagação de informação. Desse modo, com a centralidade definida em função dos atores, sendo que os atores centrais devem ser os mais ativos, no sentido de que eles devem ter a maioria das ligações com os demais atores na rede ou grafo, podemos destacar três tipos centralidades: centralidade de grau, centralidade de proximidade e centralidade de intermediação.

A **centralidade de grau de um vértice** é dada em relação ao número de vértices do grafo que estão conectados à este vértice em particular. Ela mede a proximidade de um vértice em relação aos demais, visto que vértices centrais são importantes na mediação. No contexto de redes sociais, a centralidade de grau para um ator, em redes não dirigidas, é dado por:

$$C_D(v_i) = k(v_i), \quad (2.9)$$

ou seja o grau do vértice. Desse modo a centralidade de grau permite observar qual ator tem maior centralidade. Entretanto para comparar atores de outras redes, ou na mesma rede em momentos distintos, precisamos normalizar, dividindo-se o grau do vértice pelo maior grau possível para esse vértice, ou seja, $n - 1$, visto que o grau cresce com o tamanho da rede. Assim, podemos comparar relativamente redes de qualquer tamanho. Essa equação pode ser representada por:

$$\widehat{C}_D(v_i) = \frac{k(v_i)}{n - 1}, \quad (2.10)$$

e esse valor varia entre 0 e 1. Desse modo, um ator com índice alto de centralidade de grau é visto como um canal de informação relacional, ocupando um lugar central na rede. Atores com baixo índice de centralidade de grau, não são ativos no processo relacional, e aqueles que estão isolados podem ser retirados da rede sem causar nenhum efeito importante em termos das centralidades de grau dos demais atores.

A **centralidade de proximidade**, é uma medida que avalia o quão próximo aos demais vértices da rede um determinado vértice está. Pode-se calcular essa métrica por meio da soma das distâncias geodésicas em relação a todos os demais vértices da rede. Voltando a olhar para as redes sociais, a centralidade de um ator baseia-se na proximidade ou na distância, enquanto a centralidade de proximidade tenta alcançar o quanto um ator está próximo de todos os outros da rede. Portanto, na centralidade de proximidade, um ator é central se ele pode interagir rapidamente com os demais atores. Assim, quanto maior o índice de centralidade de proximidade,

menor é a distância aos outros atores. Desse modo, a centralidade de proximidade é inversamente proporcional à distância e é definida por:

$$C_C(v_i) = \frac{1}{\sum_{j=1}^n d(v_i, v_j)}, \quad (2.11)$$

$\forall i \neq j$. Normalizando a centralidade de aproximação, esse índice varia entre 0 e 1 e é dado pela equação

$$C'_C(v_i) = \frac{n-1}{\sum_{j=1}^n d(v_i, v_j)} = (n-1) C_C(v_i). \quad (2.12)$$

Sendo assim, na centralidade de aproximação a importância do ator é medida não apenas em relação aqueles que são mais próximos, mas em relação a toda rede.

Finalmente, a **centralidade de intermediação** se baseia no número de caminhos mínimos entre vértices que passam por um determinado ponto da rede. Portanto, quanto mais central for um vértice, mais caminhos passarão por ele. Do ponto de vista de redes sociais, essa medida tenta quantificar a importância de um ator quando sua posição na rede, na qual a ligação entre outros atores da rede dependa do ator em questão. Logo, atores localizados em muitas geodésicas são centrais em uma rede por permitirem o fluxo na rede. Para se calcular essa medida, conta-se o número de geodésicas ligando os dois atores j e k e então determina-se quantas geodésicas contém o ator i . Considerando g_{jk} o número de geodésicas ligando dois atores, sendo elas equiprováveis, temos que a probabilidade de comunicação usando qualquer uma delas é $\frac{1}{g_{jk}}$. Seja $g_{jk}(v_i)$ o número de geodésicas que contém o ator i , temos a probabilidade estimada dada por $\frac{g_{jk}(v_i)}{g_{jk}}$. Logo, a centralidade de intermediação para o vértice v_i é dada pela soma destas probabilidades sobre todos os pares não incluindo o i -ésimo ator [6]. E essa medida é dada pela fórmula:

$$C_B(v_i) = \sum_{j < k} \frac{g_{jk}(v_i)}{g_{jk}}. \quad (2.13)$$

2.3 Redes Complexas

Segundo Monteiro (2012) [37], o estudo sobre redes complexas teve início, quando Moreno [23], em 1953, propôs uma sociometria para redes sociais. Depois, avançou por modelos de redes aleatórias, quando Erdős e Rényi apresentaram seu modelo de grafos aleatórios, em 1959 [14]. Mais tarde, em 1967, Milgram incorporou o fenômeno do mundo pequeno, com seus estudos sobre *small-worlds*, que foram formalizados por Watts e Strogatz em 1998 [5]. Prosseguindo, em 1999 Barabási e Albert [38] introduziram o modelo para redes livres de escala. Todos esses modelos,

além de sua importância histórica, são de fundamental importância para a compreensão da topologia das redes complexas, a comparação de métricas e atributos que possibilitam sua análise.

A teoria das redes complexas é uma área interdisciplinar que oferece recursos para o estudo dos mais variados tipos de sistemas complexos, desde o cérebro até a sociedade, modelando assim, um grande número de sistemas presentes na natureza e na sociedade, tais como: os sistemas celulares; as redes formadas por reações químicas, as redes neurais; as redes de roteadores e computadores, conectados à internet; as redes de transmissão de energia elétrica e redes de relacionamento, como previamente mencionado, entre outros [39]. De fato, atualmente, o estudo das redes complexas alcançou praticamente todos os campos da ciência, desde das áreas sociais, às ciências exatas e biologia.

Fadigas (2011) [6], relata que uma rede complexa pode apresentar-se de diversas formas, como por exemplo: ter mais de um tipo de vértice, ter mais um tipo de arestas; as áreas podem ter uma variedade de propriedades, tanto numéricas como de outras características, associadas a elas; os vértices podem receber atributos diversos, e as arestas podem ser valoradas ou ponderadas, ou ainda ser dirigidas, possuir cíclicos (laços fechados de arestas) ou não; e os grafos podem ser particionados. Assim, uma possível classificação das redes complexas é:

- rede não dirigida e não ponderada;
- rede não dirigida e ponderada;
- rede dirigida e ponderada;
- rede dirigida e não ponderada.

A **modularidade** é uma medida de estrutura de redes, para medir a força de divisão da rede em módulos (grupos ou comunidades). Em redes complexas, é possível observar comunidades ou agrupamentos, chamados de *clusters*³, assim a modularidade tem por finalidade avaliar a qualidade dessas partições. Segundo Newman (2006) [40], as redes com alta modularidade têm conexões densas entre os nós dentro de comunidades, e ligações esparsas entre nós de diferentes comunidades. A modularidade é frequentemente usada em métodos de otimização para a detecção de estrutura da comunidade em redes. A modularidade é uma constante multiplicativa, o número de arestas que caem dentro dos grupos menos o número esperado de uma rede com arestas equivalentes colocadas aleatoriamente, portanto, a modularidade pode ser positiva ou negativa, com valores positivos, indica a possível presença de estrutura da comunidade. Assim, podemos procurar a estrutura da comunidade

³*Cluster* é um grupo de vértices altamente conectado.

precisamente por olhar para as divisões de uma rede que têm valores positivos, e preferencialmente amplos, de modularidade.

Uma outra importante métrica utilizada para avaliar a presença de *clusters* em uma rede complexa, é o **coeficiente de aglomeração**, ou *clustering coefficient*. Esse índice de coesão mede a transitividade entre os vértices de uma rede, ou seja, a probabilidade de que dois vértices que estejam ligados a um terceiro vértice, também estejam ligados entre si. Apresentaremos dois coeficientes de aglomeração: o coeficiente de aglomeração local, que mede esse coeficiente para um vértice específico da rede, e o coeficiente de aglomeração global, que mede a propensão de uma rede apresentar grupos ou comunidades.

O **coeficiente de aglomeração local** mede a propensão que um vértice específico e seus vizinhos têm para formar um clique. Podemos calcular o coeficiente de aglomeração local por meio da seguinte equação:

$$C_i = \frac{2n_i}{k_i(k_i - 1)}. \quad (2.14)$$

Onde C_i é o coeficiente de aglomeração local para o vértice i , n_i representa o número de conexões, arestas que estão conectadas ligando os k_i vértices vizinhos de i .

Assim, o coeficiente de aglomeração local do vértice é calculado como sendo a proporção das ligações existentes entre os seus vizinhos em relação com o total das ligações possíveis. Observando a Figura 2.23, no grafo A, o vértice azul tem 3 vizinhos que admitem, no máximo, 3 ligações entre si, portanto todas as 3 ligações possíveis (assinaladas pelos segmentos a negrito, note que $k_i = 3$) entre os vizinhos do vértice azul encontram-se concretizadas ($n_i = 3$), obtendo-se um o coeficiente de aglomeração local do vértice azul igual a $C_i = \frac{2 \times 3}{3(2)} = 1$. Já na Figura 2.24, no grafo B temos que das 3 ligações entre vizinhos possíveis ($k_i = 3$), apenas existe 1 (assinalada pelo segmento a negrito, portanto $n_i = 1$), faltando 2 ligações (assinaladas pelas linhas tracejadas a vermelho), assim resultando em um coeficiente de aglomeração local de $\frac{1}{3}$. Na Figura 2.25, no grafo C não existe nenhuma ligação entre os vizinhos do vértice azul, logo o coeficiente de aglomeração local é 0.

O **coeficiente de aglomeração global** mede a propensão de uma rede em apresentar grupos ou comunidades, esta métrica é calculada, baseando-se no número de trios presentes na rede, dado por:

$$C = \frac{3N_{\Delta}}{N_3}. \quad (2.15)$$

Onde, N_{Δ} é o número de triângulos na rede e N_3 representa o número de trios conectados na rede. Note que $0 \leq C \leq 1$.

Temos também o **coeficiente de aglomeração médio**, que é a média do co-

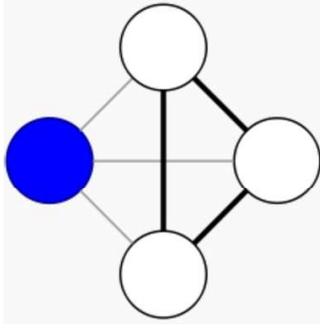


Figura 2.23: grafo A.

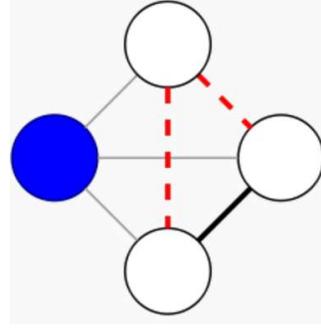


Figura 2.24: grafo B.

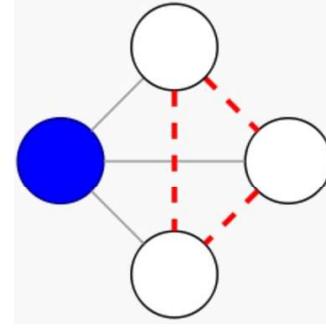


Figura 2.25: grafo C.

eficiente de aglomeração local de todos os vértices da rede. Essa métrica de rede ajuda a avaliar a qual modelo de rede um grafo se assemelha. Por exemplo, redes de mundo pequeno⁴ devem apresentar um coeficiente de aglomeração médio maior que um grafo aleatório com o mesmo número de vértices. Assim o coeficiente de aglomeração médio é dado por:

$$C_M = \frac{1}{N} \sum_i C_i. \quad (2.16)$$

Onde N representa o número de vértices na rede e C_i representa o coeficiente de aglomeração local de cada um dos vértices do grafo.

2.3.1 Modelos de redes complexas

Nesta seção faremos uma breve revisão da literatura relacionada aos modelos de redes complexas, que serão descritos nas subseções a seguir.

Modelo Aleatório: Erdős e Rényi

Em 1959, Erdős e Rényi [14] propuseram um modelo de grafos aleatórios, que prevaleceu por várias décadas. Entretanto, foi verificado posteriormente que o modelo por eles proposto, não é adequado para gerar estruturas que representam diversas redes reais. Neste modelo, as redes são geradas da seguinte forma: inicialmente considera-se um conjunto de n vértices totalmente desconectados e a cada passo, dois vértices são escolhidos aleatoriamente e conectados com uma probabilidade p fixa, onde cada par de vértice é considerado apenas uma vez. Logo, todas as ligações possuem a mesma probabilidade de ocorrerem e a rede gerada passa a ter uma estrutura altamente homogênea.

⁴Uma rede de mundo pequeno (*small-world*) é um tipo de grafo em que a maioria dos vértices não é vizinha dos outros vértices, mas a maioria dos vértices pode ser alcançada de qualquer outro vértice através de um número pequeno de arestas ou passos.

Segundo Arruda (2013) [41] o número médio de conexões para cada vértice é dado por $k = p(n - 1)$. A distribuição da conectividade para essas redes segue uma distribuição binomial, visto que o processo de geração das redes é um processo de Bernoulli homogêneo. Por outro lado, quando n é grande a conectividade média é mantida constante, e a distribuição do número de conexões segue uma distribuição de Poisson, segundo a lei dos eventos raros. Assim, nesse universo randômico, a maioria das pessoas possui aproximadamente o mesmo número de conhecidos, a maioria dos neurônios conecta-se aproximadamente ao mesmo número de outros neurônios, a maioria dos sites da internet é acessada aproximadamente pelo mesmo número de visitantes. Logo, nenhum nó é favorecido ou isolado. A Figura 2.26 ilustra um grafo seguindo o modelo de Erdős-Rényi e sua distribuição de graus.

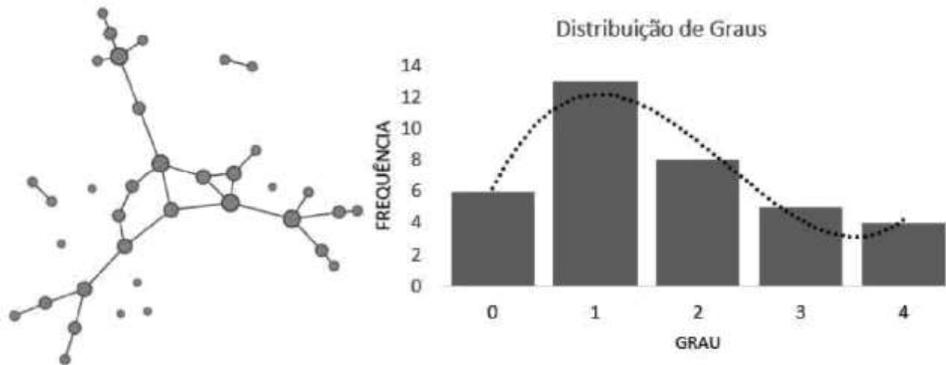


Figura 2.26: exemplo de rede complexa seguindo o modelo de Erdős-Rényi [4].

Modelo de mundo pequeno: Watts - Strogatz

Watts e Strogatz (1998) [5], propuseram um modelo para a criação de redes complexas aleatórias com características do fenômeno de mundo pequeno, modelo este que se caracteriza pela presença de *clusters*, e por caminhos entre os vértices.

Como já mencionado antes, o modelo de Erdős-Rényi apresenta limitações em relação às redes reais, pois elas apresentam uma forte aglomeração, como podemos encontrar em muitas redes sociais, e um caminho mínimo médio baixo (efeito *small-world*). Entretanto, o modelo de Erdős-Rényi apresenta distâncias médias baixas, mas aglomeração também baixa. A terminologia *small world* está relacionada a vários experimentos conduzidos por Milgram (1967) [42], o estudo denominado *The Small World Problem*, o qual examinava o comprimento do caminho médio para redes sociais de pessoas nos Estados Unidos. Neste estudo, Milgram enviou centenas de cartas aleatoriamente a pessoas em duas cidades, que deveriam passar a outras até chegar ao destinatário. Com isso determinou a quantidade média de pessoas que separava duas delas quaisquer, chegando a um número próximo de 5,5. Este

experimento está frequentemente associado com o termo seis graus de separação, pois com este estudo mostrou que ser possível ligar quaisquer duas pessoas por meio de até seis laços de amizade, porém Milgram não usou esse termo.

Segundo Arruda (2013) [41], em 1998 um grupo de pesquisadores das Universidades da Columbia e Cornell, após analisarem alguns dados empíricos, verificaram que alguns redes reais, como a rede de neurônios do *Caenorhabditis elegans*⁵ e a rede de distribuição de energia dos Estados Unidos, havia a presença de ciclos fechados (caminhos fechados) de ordem três em uma quantidade expressivamente maior que nas redes aleatórias com o mesmo número de vértices e arestas. Dessa forma, encontraram indícios de que as redes reais não são completamente aleatórias, e que possuem uma determinada lei de formação.

Neste contexto Watts e Strogatz (1998) [5] propuseram um modelo alternativo ao de Erdős e Rényi, denominado *small world Wats-Strogatz*. Para a construção de uma rede nesse modelo, considera-se uma rede regular formada por n vértices ligados aos k vizinhos mais próximos em cada direção, formando um total de $2k$ conexões iniciais, onde $n \gg k \gg \log(n) \gg 1$. Em seguida cada aresta é aleatoriamente reconectada com uma probabilidade fixa p . Dessa forma, se $p = 0$ a rede é completamente regular, ou seja, possui alta quantidade de *loops* e caminho médio alto, por outro lado, se $p = 1$, a rede é aleatória, com pouca quantidade de ciclos de ordem três, mas pequeno caminho médio. A Figura 2.27 ilustra o processo de criação do modelo *small world*.

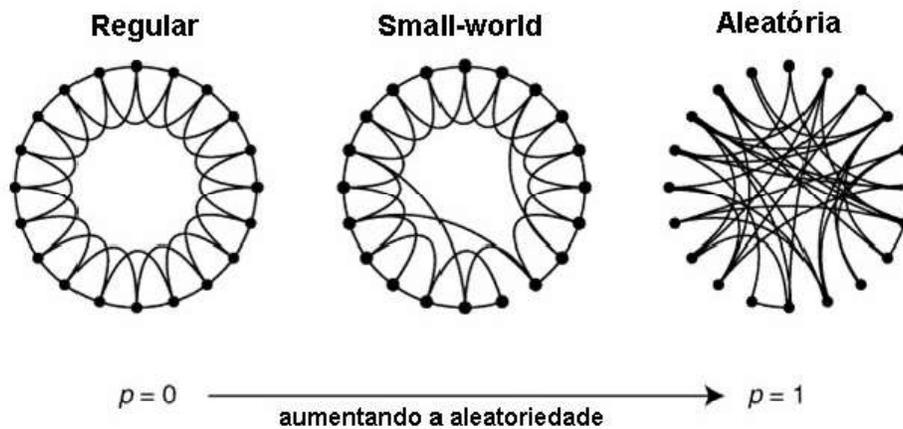


Figura 2.27: processo de criação do modelo *small world* e o gráfico das curvas [5].

⁵*Caenorhabditis elegans*, também denominada na literatura por *C. elegans*, é um dos organismos multicelulares mais simples, com intervalo de vida de duas a três semanas e possuindo 302 neurônios. Esse verme foi utilizado para criar um mapa detalhando quais neurônios estão conectados a outros neurônios. E assim, estudando esse diagrama da rede neural, Watts e Strogatz descobriram que essa minúscula rede possui um alto grau de clusterização, pois os vizinhos de um neurônio têm cinco vezes mais probabilidade de estarem interligados do que teriam em uma rede randômica [2].

Modelo livre de escala: Barabási - Albert

Em 1999, Barabási, Albert e Jeong [43] pesquisadores da Universidade de Notre Dame, Estados Unidos, decidiram investigar se o fenômeno *small world* estava presente na (*world wide web*). Eles observaram que qualquer documento em toda *web* está em média apenas a 19 cliques um do outro, considerando uma rede de 1 bilhão de nós, o método utilizado para descobrir o diâmetro de toda a *web* é conhecido na literatura como escala de "tamanho infinito". Assim, eles verificaram que a distribuição de conexões na web não era aleatória e sim livre de escala (*scale-free*), que é um tipo de distribuição de probabilidade que reflete invariância de escala [41].

Dessa forma inspirados por esse resultado, Albert e Barabási (1999) [44] desenvolveram um algoritmo gerador de redes complexas que se baseia no grau dos vértices para determinar a probabilidade com que uma nova conexão será adicionada a um determinado vértice. Esse modelo também é conhecido como modelo de anexação preferencial ou modelo de ligação preferencial⁶, uma característica desse modelo é que a distribuição de graus dos vértices segue uma lei de potência.

Dessa forma, Barabási e Albert propuseram um modelo em que vértice com maior número de conexões têm mais probabilidade de receber novas conexões que os vértices com poucas ou nenhuma conexão, essa característica propicia o surgimento de *hubs*⁷ na rede. Na Figura 2.28 temos um grafo que foi construído seguindo o modelo de Barabási - Albert, e sua distribuição de graus.

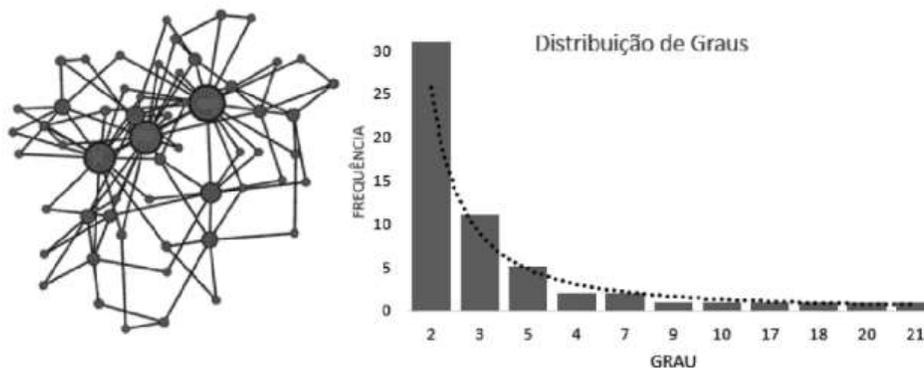


Figura 2.28: exemplo de rede complexa seguindo o modelo de Barabási - Albert [4].

2.4 Difusão de Conhecimento

O conhecimento, é o ato ou efeito de conhecer, enquanto o termo difusão, tem como sinônimos as palavras: estender, espalhar, divulgar e propagar. Portanto, se

⁶um nó tende a conectar-se com outro nó preexistente mais conectado

⁷ *Hubs* são vértices com um grau (número de conexões) muito acima da média.

pode dizer que a difusão de conhecimento é espalhar a informação. Assim, neste sentido, não há perda de conhecimento ao transmiti-lo, ou seja, uma pessoa que tem conhecimento não vai deixar de tê-lo ao passar para outra pessoa. Portanto, a difusão do conhecimento proporciona a inovação e a produção de novos conhecimentos. Contudo, a importância de disseminar o conhecimento científico e tecnológico se faz cada vez maior. Segundo Marcelo [45], conhecimento é tanto causa quanto solução para as mudanças do ser humano em um meio e no desenvolvimento científico e tecnológico. É transmitido por uma complexa rede aninhada, relacionado com a geração de conhecimento humano. O conhecimento segue as seguintes vertentes, tais como: conhecimento empírico, conhecimento filosófico, conhecimento teológico e conhecimento científico.

- O conhecimento empírico surge da relação do ser com o mundo, é o conhecimento popular, também chamado de senso comum, as informações são assimiladas por tradição, experiências causais, caracterizado pela aceitação passiva, sendo mais sujeito ao erro nas deduções e prognósticos. É, portanto, um conhecimento superficial, sensitivo, subjetivo.
- O conhecimento científico é o conhecimento que precisa ser provado. Ele surge da dúvida e comprovado concretamente, gera leis válidas. É passível de verificação e investigação, preocupa-se não só com os efeitos, mas principalmente com as causas e leis que o motivaram
- O conhecimento filosófico surge da relação do homem com seu dia-a-dia, porém preocupa-se com respostas e especulações destas relações, é o conhecimento que se baseia no filosofar, na interrogação como instrumento para decifrar elementos imperceptíveis aos sentidos, é uma busca partindo do material para o universal, exige um método racional, diferente do método experimental (científico), levando em conta os diferentes objetos de estudo
- Conhecimento Teológico é o conhecimento adquirido a partir da aceitação de axiomas da fé teológica, é fruto da revelação da divindade, por meio de indivíduos inspirados que apresentam respostas aos mistérios que permeiam a mente humana,

Como já mencionado anteriormente, há duas abordagens distintas na literatura, ao se tratar de um fenômeno difusivo, podemos modelar a difusão do conhecimento através de equações diferenciais de difusão ou através das redes complexas. Segundo Newman et. al (2006) [40], a difusão de informações, por modelos de propagação descritos por uma equação de difusão não são adequados para a modelagem da maioria das informações nas redes reais que não são conservadas.

Nesse contexto, segundo [46] torna-se relevante tentar entender, explicar ou prever comportamentos em redes com base na formalização e representação dessas interações em modelos. Há várias contribuições para este objetivo. Ressaltamos aqueles que se tornaram marcos epistemológicos devido às suas proposições teóricas (por exemplo, a preparação de modelos explicativos e preditivos) e aplicações práticas: Erdős e Rényi (1959) [14] apresentaram modelos de redes aleatórias; Milgram (1967) [42] e Watts e Strogatz (1998) [5] demonstraram o fenômeno de pequeno mundo; Barabási e Albert (1999) [44] formalizaram um modelo de rede sem escala que explica como os ricos ficam mais ricos.

Desde o início de 2000, a teoria das redes atingiu virtualmente todos os campos da ciência, das áreas sociais às ciências exatas e biológicas. Como neste trabalho, o objetivo é apresentar uma rede de coautoria dos programas de Pós-Graduação em modelagem matemática, para entender como se dá a difusão do conhecimento, com base em processos de colaboração e cooperação entre atores de uma determinada rede social, ou seja, os programas de Pós-Graduação, utilizando uma abordagem evolutiva. Considerando que os docentes dessas redes de coautoria são propagadores e/ou receptores do conhecimento, partimos da premissa de que dois docentes interagem quando publicam juntos, como veremos nos próximos capítulos.

Capítulo 3

Construção e Análise de Redes de Coautoria em Periódicos de Educação Matemática

No presente capítulo reproduziremos os principais resultados obtidos no estudo de caso: a construção e criação das redes de coautoria em periódicos de educação matemática, estudados por Fadigas (2011) [6] em sua tese de doutorado. Para cumprir os objetivos desta pesquisa o primeiro passo é modelar o problema a ser investigado por meio de redes e usar a base metodológica da análise de redes sociais e da teoria das redes complexas para as respectivas análises.

Em particular, a referida tese analisou os seguintes periódicos publicados no Brasil: Boletim do Gepem (Gepem); Revista do Professor de Matemática (RPM); Boletim de Educação Matemática (Bolema); Educação Matemática em Revista (EMR); Folhetim de Educação de Matemática (Folhetim) e Zetetiké (Zetetiké), sendo construídas e analisadas as seguintes redes:

- rede de palavras que formam os títulos dos artigos;
- rede de coautoria;
- rede comitês editoriais.

Tendo em vista que as redes de coautoria servirão de base para nossos estudos posteriores, em que buscaremos modelar e construir a rede de coautoria em programas de Pós-Graduação em Matemática Computacional e correlatos, reproduziremos apenas as redes de coautoria por periódicos, que incluem todos os autores e suas produções escritas em comum, no período de 1993 a 2009. Para tal fim, o primeiro passo da metodologia é obter os dados, que foram gentilmente cedidos pelo professor

Hernane Borges de Barros Pereira¹, orientador da tese de doutorado "Produção e difusão do conhecimento em educação matemática sob perspectiva das redes sociais e complexas"[6], a quem dedico um agradecimento especial.

O segundo passo é analisar os dados obtidos, portanto com os dados originais da pesquisa em questão. Utilizando o programa Pajek², geramos as redes de coautoria por periódicos de Educação Matemática (que serão apresentadas em seguida). O último passo é analisar as redes obtidas, calculando as métricas para essas redes, fazendo uso dos conceitos apresentados na fundamentação teórica (capítulo 2).

Essas redes serão tratadas como redes modeladas por um grafo simples, de forma que dois autores estão ligados se publicarem juntos. Na Tabela 3.1, temos os dados gerais das redes:

Tabela 3.1: Dados gerais das redes de coautoria [6].

Índices	Gepem	RPM	Bolema	EMR	Folhetim	Zetetiké
Número de vértice	242	329	229	225	11	183
Número de autores	373	736	319	261	232	242
Número de autores/vértice	1,5413	2,2371	1,3930	1,1600	21,0909	1,3224
Número de arestas valor = 1	156	68	144	130	0	117
Número de arestas valor \neq 1	5	11	5	3	2	5
Número de artigos	260	653	220	168	222	148
Número médio de artigos por autor	1,0744	1,98848	0,9607	0,7467	20,1818	0,8087
Número médio de autores por artigo	1,4346	1,1271	1,4500	1,5536	1,0450	1,6351

Observando a Tabela 3.1 podemos notar algumas características da rede, como por exemplo, o número médio de autores por artigos nos periódicos estudados é menor que 2, isso mostra que muitos artigos têm apenas um autor, caracterizando que não há coparticipação, dessa forma as redes são desconectadas, demonstrando que a comunidade de educação matemática no Brasil ainda não está consolidada .

¹Professor Pleno do Departamento de Educação da Universidade do Estado da Bahia e Professor Associado do SENAI CIMATEC. É docente do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial e do Doutorado Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento.

²O Pajet é um programa para criação, análise e visualização de redes desenvolvido por Vladimir Batagelj and Andrej Mrvar <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>, último acesso em 30/09/2016.

Por outro lado, observando a média de artigos por autor, nota-se que o EMR tem uma baixa produção média com poucos parceiros, em contrapartida, o Folhetim apresenta uma alta produção média, com poucos coautores.

Um outro fato importante a ser observado na Tabela 3.1 é que o número de vértices e o número de autores são diferentes, isso decorre do fato que na rede não há dois vértices para o mesmo autor, assim o número de autores pode conter repetibilidade, ou seja, um autor ou um mesmo grupo de autores pode ter escrito mais de um artigo. A relação entre estes números representa a média de autorias individuais, portanto, quanto mais próximo de 1, menor é a produção média de cada autor. Dessa forma, nota-se uma baixa produção individual no EMR, e uma alta produção individual no Folhetim.

As arestas podem receber o valor 1 se os autores dois a dois publicaram juntos uma única vez, caso contrário, esse número é diferente de 1. Na tabela 3.1, o valor 2 para o periódico Folhetim, indica que apenas dois pares de autores publicaram juntos mais de uma vez, não necessariamente autores distintos. Por outro lado, o valor 11 para o periódico RPM, indica que temos 11 pares de autores que publicam juntos mais de uma vez.

As Figuras 3.1 a 3.10 mostram as redes de periódicos quanto a coautoria. Para a criação das redes de coautoria utilizamos os dados originais do trabalho de Fadigas (2011) [6] e as redes foram construídas utilizando o programa Pajek, como mencionado anteriormente. Primeiramente representamos a rede completa por cada periódico, e depois temos a rede para o mesmo periódico, retirando os vértices isolados, que são os vértices que representam autores que publicam sozinhos, e assim, não influenciam na colaboração mútua, portanto essas redes apresentam informações mais reais sobre a colaboração entre esses autores.

Outra importante característica que podemos observar nas redes construídas, é o fato que os tamanhos dos vértices são distintos, pois esta medida foi associada à quantidade de publicações de cada autor. Assim como, as espessuras nas linhas (arestas) são proporcionais ao número de vezes que dois autores publicaram juntos.

Em relação a rede Gepem, Figuras 3.1 e 3.2, podemos notar que há dois componentes que se destacam, pois apresentam uma quantidade maior de vértices. Observa-se que temos uma linha com uma espessura bem maior que as demais, indicando os autores que mais publicam juntos. Observa-se ainda, que poucos são os autores que publicaram mais de um artigo juntos.

Na rede RPM, Figuras 3.3 e 3.4, observa-se pequenos grupos que publicaram juntos em coautoria, assim, o número de autores que publicaram isoladamente visualmente supera o número de autores que publicam em coautoria. Um outro fato, que nos chama atenção, é que há dois autores que se destacam na rede pelo número de publicações em parceria, devido a espessura da aresta.

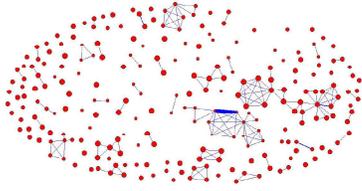


Figura 3.1: rede de coautoria do Gepem.

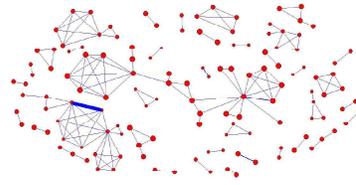


Figura 3.2: rede de coautoria do Gepem, sem vértices isolados.

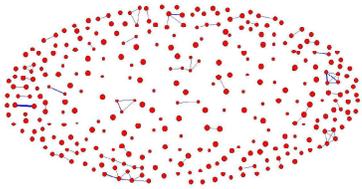


Figura 3.3: rede de coautoria do RPM.

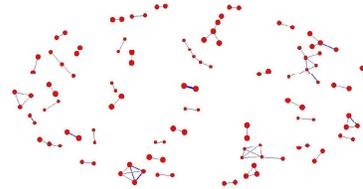


Figura 3.4: rede de coautoria do RPM, sem vértices isolados.

Na rede Bolema, Figuras 3.5 e 3.6, apresenta um grupo bem denso, que forma a maior componente dessa rede, nessa componente há um subgrupo formado por três autores com fortes laços em termos de números de publicações. Fora desse grupo a maioria publicou poucos artigos em coautoria.

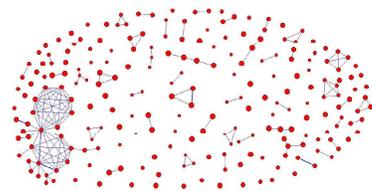


Figura 3.5: rede de coautoria do Bolema.

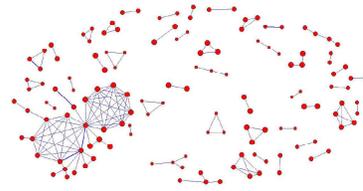


Figura 3.6: rede de coautoria do Bolema, sem vértices isolados.

A Figuras 3.7 e 3.8, apresentam a rede EMR onde os autores que mais publicaram, publicaram isoladamente. Nesta rede os laços mais fortes, ou seja, a maior quantidade de publicações juntos não se encontra nos maiores componentes, mas sim em díades e tríades.

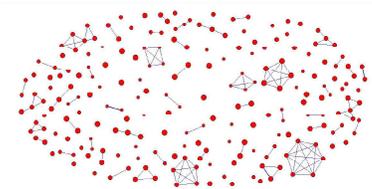


Figura 3.7: rede de coautoria do EMR.

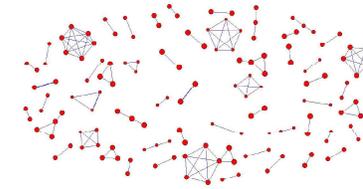


Figura 3.8: rede de coautoria do EMR, sem vértices isolados.

Na rede do periódico Folhetim, Figuras 3.9 e 3.10, nota-se que há um autor que

publicou muito acima da média dos demais autores, mas de forma não colaborativa. Essa rede se destaca das demais, pois quando retira-se os vértices isolados, temos um único componente conectado formado por três autores, que não estão mutualmente conectados, assim não formam uma tríade.

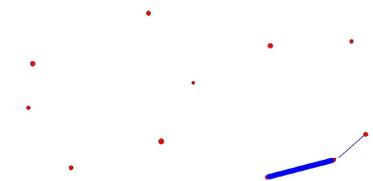


Figura 3.9: rede de coautoria do Folhetim.



Figura 3.10: rede de coautoria do Folhetim, sem vértices isolados.

Na rede do periódico Zetetiké, Figuras 3.11 e 3.12, observa-se grupos de pequenos número de autores em coautoria, há dois grupos maiores entre eles, entretanto, neles não há a presença dos autores que mais publicam, estes publicaram isoladamente ou com apenas um coautor. A rede Zetetiké tem o menor índice de autores isolados, entretanto os grupos de coautoria são dispersos, tendo em vista que o maior componente não chega a 4% do total de autores.

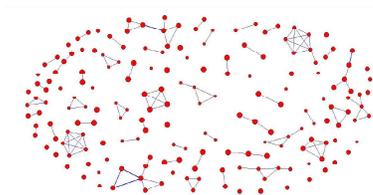


Figura 3.11: rede de coautoria do Zetetiké.

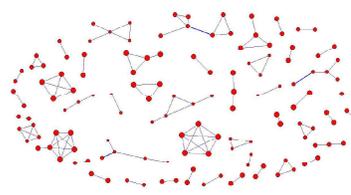


Figura 3.12: rede de coautoria do Zetetiké, sem vértices isolados.

Analisando a Tabela 3.2, observamos que o percentual de vértices isolados, os autores que publicaram sozinhos, é bem alto para as redes RPM e Folhetim, visto que corresponde um valor maior que a metade, assim, conclui-se que há pouca interação entre os autores. Entretanto, no periódico Zetetiké, que é o periódico com menor percentual de vértices isolados, os seus autores interagem mais quando comparados com os demais periódicos. Outro fato relevante, é que o maior dos componentes conectados é o do Folhetim, com um pouco mais de 27%, enquanto os demais periódicos chegam a menos da metade desse valor. Assim, devido a característica do Folhetim ter um percentual elevado de autores isolados e o fato de possui o maior percentual do componente principal, podemos concluir que no Folhetim há uma forte colaboração, mesmo não apresentado tríades na rede.

Dessa forma, podemos dizer que todas as redes são desconectadas quando levamos em consideração as publicações de um só autor, ou seja os vértices isolados,

Tabela 3.2: Índices para as redes de coautoria sem os vértices isolados [6].

	Gepem	RPM	Bolema	EMR	Folhetim	Zetetiké
Componentes	37	45	45	55	1	47
Maior componente (%)	17,78	6,14	20,14	4,83	100,00	5,11
Densidade (valorada) Δ	0,0195	0,0146	0,0161	0,0130	6,6667	0,0136
Distância (L)	2,4340	1,3947	2,2114	1,1364	1,3330	1,3771

e mesmo quando retirados esses vértices, as redes ainda apresentam uma estrutura desconectada, com exceção do periódico Folhetim. Outra importante característica que devemos ressaltar, segue do fato que o número de componentes conectados, não chega a 20% do total de vértices, quando retirados os vértices isolados, mais uma vez o Folhetim é uma exceção. Daí, podemos concluir que os autores que publicam em coautoria em periódicos nacionais, para um mesmo periódico, formam pequenos grupos isolados, com pouca colaboração.

Analisando as redes de coautoria por cada periódico, podemos identificar alguns padrões próprios desses grupos e alguns padrões comuns a todos. Como exemplo de padrão comum a todos os periódicos, destaca-se o fato que em todas as redes há um grande número de autores que optam ou são levados a escreverem (sozinhos) os seus artigos, o que indica pouca colaboração entre os autores.

Temos ainda que o periódico Bolema apresenta pares de autores que mais publicaram em coautoria, fazem parte da maior componente. Já em EMR, os pares que mais publicaram juntos aparecem em grupos isolados, fora do maior componente. O Gepem e o Zetetiké apresentam dois componentes em destaque que têm em comum o fato que os pares de autores que mais publicaram juntos estão inseridos neles. Nota-se também, que o Folhetim apresenta um número reduzido de autores, grupos de coautores conectados e uma grande produção em coautoria.

Sendo assim, depois de realizarmos esses experimentos com a rede de coautoria em periódicos de educação matemáticas, partimos para a construção e análise das Redes de Coautoria em Programas de Pós-Graduação em Modelagem Matemática, que apresentaremos nos Capítulos 4 e 5.

Capítulo 4

Construção e Análise das Redes de Coautoria em Programas de Pós-Graduação em Modelagem Matemática

Com a finalidade de estudar o fenômeno da difusão do conhecimento em modelagem matemática no Brasil, iremos explorar a rede de coautoria dos Programas de Pós-Graduações com perfil de modelagem cadastrados na Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional (SBMAC)¹, que foi criada em 01/11/1978, durante o Primeiro Simpósio Nacional de Cálculo Numérico, realizado nas dependências do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte, MG, com os seguintes propósitos:

- Desenvolver as aplicações da matemática nas áreas científicas, tecnológicas e industriais;
- Incentivar o desenvolvimento e implementação de métodos e técnicas matemáticas eficazes a serem aplicadas para o benefício da ciência e tecnologia;
- Incentivar a formação de recursos humanos em matemática com ênfase ao conteúdo e à utilização eficiente dos recursos computacionais disponíveis;
- Promover o intercâmbio de ideias e informações entre as áreas de aplicações matemáticas.

Buscando responder as perguntas referente a esta pesquisa, estudaremos as rede de coautoria na perspectiva das redes complexas, pois se trata de uma rede bem

¹<http://www.sbmac.org.br>, último acesso em 30/09/2016.

documentada na literatura, desde o estudo sobre o número de Erdős, como já mencionado anteriormente. Em particular, escolhemos as redes de coautoria nos programas de Pós-Graduação em modelagem computacional, por serem programas novos e relativamente mais acessíveis para acompanhar o desenvolvimento da rede.

4.1 Abordagem Metodológica

Na construção das redes de coautoria, o primeiro passo foi obter os dados, recorrendo ao site da SBMAC, especificamente, ao comitê de P&PGMMC - Comitê de Pesquisa e Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional em Ciências e Engenharias, obtendo os seguintes programas de Pós-Graduação com perfil de modelagem, considerando o comitê interdisciplinar, que serão objetos de estudo desta pesquisa:

1. Programa A: Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais (AMSA) - UFMG, MG;
2. Programa B: Bioengenharia - UFSJ, MG;
3. Programa C: Bioinformática - UFPR, PR;
4. Programa D: Biometria - UNESP - Botucatu, SP;
5. Programa E: Ciências Computacionais (CCOMP) - UERJ, RJ;
6. Programa F: Ciências Físicas Aplicadas - UECE, CE;
7. Programa G: Computação Aplicadas - INPE, SP;
8. Programa H: Engenharia de Computação - UERJ, RJ;
9. Programa I: Engenharia de Sistemas e Automação - UFLA, MG;
10. Programa J: Física Ambiental - UFMT, MT;
11. Programa K: Física e Química de Materiais - UFSJ, MG;
12. Programa L: Modelagem Computacional - UFJF, MG;
13. Programa M: Modelagem Computacional - UERJ, RJ;
14. Programa N: Modelagem Computacional - LNCC, RJ;
15. Programa O: Modelagem Computacional - FURG, RJ;
16. Programa P: Modelagem Computacional de Conhecimento - UFAL, AL;

17. Programa Q: Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial - CIMATEC, BA;
18. Programa R: Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia - UFF, RJ;
19. Programa S: Modelagem de Sistemas Complexos - USP, SP;
20. Programa T: Modelagem em Ciências das Terra e do Ambiente - UEFS, BA;
21. Programa U: Modelagem Matemática - UNIJUÍ, RS;
22. Programa V: Modelagem Matemática e Computacional - CEFET, MG;
23. Programa W: Modelagem Matemática e Computacional - UFPB, PB;
24. Programa X: Modelos de Decisão e Saúde - UFPB, PB;
25. Programa Y: Nanociência - UNIFRA, RS.

Após esse levantamento coletamos os nomes dos docentes associados a cada um desses programas. Nos sites em que encontramos algumas dificuldades, realizamos o recolhimento desses dados através da Plataforma Sucupira², uma ferramenta para coletar informações, realizar análises e avaliações e ser a base de referência do Sistema Nacional de Pós-Graduação (SNPG), ela disponibiliza em tempo real e com transparência as informações, processos e procedimentos que a CAPES³ realiza no SNPG para toda a comunidade acadêmica da rede.

Dessa forma, após identificar cada docente em seu respectivo programa de Pós-Graduação, e no intuito de conhecer os códigos de identificação (IDs) Lattes⁴ de cada um dos currículos desses docentes, acessamos a Plataforma Lattes, realizando assim uma busca manual para registrar esses dados. Finalmente, com os dados obtidos, utilizamos o programa ScriptLattes, uma ferramenta de software livre, desenvolvida por Mena-Chalco e Cesar-Jr (2009) [9], para construir as redes.

O ScriptLattes⁵ é projetado para a extração e compilação automática de produções bibliográficas, técnicas e artísticas, orientações, projetos de pesquisa, prêmios e títulos, grafo de colaborações, e mapa de geolocalização de um conjunto de pesquisadores cadastrados na plataforma Lattes.

²A escolha do nome é uma homenagem ao professor Newton Sucupira, autor do Parecer n: 977 de 1965. O documento conceituou, formatou e institucionalizou a Pós-Graduação brasileira nos moldes como é até os dias de hoje. Site: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/>, último acesso em 30/09/2016.

³A CAPES (Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior) é o órgão do Ministério da Educação responsável pelo reconhecimento e a avaliação de cursos de Pós-Graduação stricto-sensu (mestrado profissional, mestrado acadêmico e doutorado) em âmbito nacional.

⁴O CNPq utiliza como ID para cada currículo Lattes um código de 16 dígitos.

⁵O ScriptLattes está disponível para baixar em <http://scriptlattes.sourceforge.net>, ultimo acesso em 05/10/2016.

O ScriptLattes baixa automaticamente os currículos Lattes (em formato HTML) de um grupo de pessoas de interesse, compila as listas de produções, tratando apropriadamente as produções duplicadas e similares. Em seguida, são gerados relatórios, em formato HTML, com listas de produções e orientações separadas por tipo e colocadas em ordem cronológica invertida. Essa ferramenta permite a criação automática de redes de coautoria entre os membros do grupo e um mapa de geolocalização dos membros e alunos (de pós-doutorado, doutorado e mestrado) com orientação concluída, [47].

Portanto, com as listas contendo os códigos de identificação (IDs) Lattes de cada docente, obtemos as redes de coautoria de cada programa de Pós-Graduação utilizando o ScriptLattes para obter essas redes. Aqui, dedico um especial agradecimento ao professor Jesús Pascual Mena Chalco⁶ por ceder uma versão nova e ainda em fase de testes do ScriptLattes, que funciona bem mesmo com o problema dos captchas nos Currículos Lattes, para gerarmos as redes. Finalmente, recorreremos ao Gephi para o tratamento e visualização dos dados.

O Gephi é um software de código aberto e uso gratuito, para visualização e exploração de grafos. Segundo Garbado (2015) [4], o Gephi é uma ferramenta baseada no Java e é suportado pelos sistemas operacionais Windows, Linux e Apple OS X, que permite ao usuário interagir com a representação, manipular as estruturas, formas e cores para revelar propriedades de interesse.

Na construção das redes, enfrentamos algumas dificuldades no processo de coleta de dados, dentre elas podemos citar:

- Encontramos sites de programas que estavam em construção ou que não era possível localizá-los, assim para coletarmos os dados, recorreremos a Plataforma Sucupira;
- A relação de pesquisadores/colaboradores informadas nos sites dos programas e na Plataforma Sucupira apresentavam discrepâncias. Como regra geral, utilizamos as informações apresentadas pela Plataforma.

4.2 Resultados Experimentais

Nesta seção mostraremos os resultados correspondentes a redes de coautoria obtidos do processamento de currículos Lattes de pesquisadores associados a Programas de

⁶Professor Doutor na UFABC desde 04/2012 e Docente no Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação e do Bacharelado em C&T da UFABC. Atua nas áreas de Ciência da Computação e Ciência da Informação, com ênfase nos seguintes temas: Reconhecimento de Padrões, Prospecção de dados acadêmicos, Bibliometria e Cientometria. Seus projetos de pesquisa atuais estão relacionados à descoberta de conhecimento sobre grandes volumes de dados acadêmicos, principalmente da Plataforma Lattes (ScriptLattes), do Banco de teses e dissertações da CAPES e dos registros históricos de genealogia de acadêmicos/cientistas.

Pós-Graduações com perfil de modelagem cadastrados na SBMAC na Seção 4.1. Ao todo, foram identificados 559 pesquisadores associados a esta área do conhecimento, com perfil de modelagem e pertencentes ao comitê interdisciplinar, divididos em 25 programas de Pós-Graduação.

Seguindo as etapas descritas na Seção 4.1, construímos as redes de coautoria para cada programa. O número de vértices expressa a quantidade de docentes, enquanto o número de arestas, representa as conexões existentes entre esses docentes, i.e., se houve alguma publicação em coautoria entre eles. As quantidades gerais para estas redes são apresentadas na Tabela 4.1 e na Tabela 4.2 .

Tabela 4.1: Dados gerais das redes de coautoria dos Programas de Pós-Graduação.

Programas	Número de vértices	Número de arestas	Grau Médio	Diâmetro	Densidade
Programa A	16	17	2,125	4	0,142
Programa B	21	40	3,81	4	0,190
Programa C	22	81	7,364	4	0,351
Programa D	16	26	3,25	4	0,217
Programa E	29	40	2,59	6	0,099
Programa F	14	37	5,286	5	0,407
Programa G	31	73	4,71	5	0,157
Programa H	15	23	3,067	4	0,219
Programa I	12	10	1,667	2	0,152
Programa J	23	130	11,304	3	0,514
Programa K	30	39	2,6	5	0,09
Programa L	25	59	4,72	5	0,197
Programa M	23	43	3,739	4	0,17
Programa N	52	113	4,364	8	0,085
Programa O	23	52	4,522	4	0,206
Programa P	26	39	3	5	0,12
Programa Q	19	34	3,579	5	0,199
Programa R	27	13	0,963	4	0,037
Programa S	19	13	1,368	4	0,076
Programa T	29	46	3,172	5	0,113
Programa U	16	27	3,375	4	0,225
Programa V	25	39	3,12	6	0,13
Programa W	10	5	1	2	0,111
Programa X	22	45	4,091	7	0,195
Programa Y	21	73	6,952	3	0,348

Para melhor visualização, as redes foram construídas sem rótulos, nos Apêndices estão disponíveis os gráficos com seus rótulos que identificam o docente e o programa ao qual ele faz parte. Por exemplo, em um nó que aparece com o rótulo A2, temos que o autor pertence ao programa A e é o segundo docente desta lista.

Tabela 4.2: Dados gerais das redes de coautoria dos Programas de Pós-Graduação - continuação.

Programas	Compo- nentes	Maior Compo- nente (%)	Coefficien- te de Aglome- ração	Modulari- dade	Caminho Médio
Programa A	3	86,67	0,477	0,551	2,253
Programa B	4	61,90	0,828	0,516	1,753
Programa C	5	77,29	0,831	0,100	1,496
Programa D	3	87,50	0,419	0,415	2,011
Programa E	8	52,50	0,556	0,613	2,512
Programa F	1	100	0,664	0,297	2,033
Programa G	2	96,77	0,546	0,653	2,375
Programa H	4	80	0,61	0,183	2,864
Programa I	6	58,33	0,878	0,353	1,524
Programa J	1	100	0,736	0,2	1,53
Programa K	8	63,33	0,458	0,633	2,298
Programa L	3	92	0,575	0,465	2,186
Programa M	5	86,96	0,573	0,574	1,942
Programa N	5	90,38	0,484	0,661	3,141
Programa O	3	91,30	0,73	0,158	2,157
Programa P	5	84,62	0,534	0,458	2,671
Programa Q	4	84,21	0,658	0,372	2,075
Programa R	16	33,33	0,6	0,719	2,128
Programa S	10	52,63	0,396	0,351	2,089
Programa T	7	79,31	0,597	0,224	2,344
Programa U	3	87,50	0,379	0,589	1,978
Programa V	5	84	0,34	0,435	2,562
Programa W	6	40	0,778	0,463	1,286
Programa X	2	95,45	0,432	0,326	2,452
Programa Y	1	100	0,682	0,435	1,743

Outro fato que nos chamou atenção, é que para redes com um número elevado de nós ou de arestas, utilizamos para *layout* dos grafos o algoritmo de distribuição Fruchterman Reingold, cujo objetivo é facilitar a interpretação visual da estrutura.

O tamanho de cada aresta é proporcional ao peso que cada que cada possui, ou seja, quanto mais dois docentes publicarem juntos, maior será a espessura da linha que os conecta. E o tamanho dos nós é proporcional ao grau do vértice. Utilizamos também uma escala de cores para o vértice, para distinguir componentes, as comunidades, os *hubs*, como veremos mais detalhadamente nas próximas Seções.

4.2.1 Programa A: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais (AMSA) - UFMG, MG.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais não é uma rede conectada, mesmo retirando o vértice isolado, que neste caso se trata de um docente colaborador do programa, a rede continua desconectada, como podemos observar na Figura 4.1. Podemos verificar que a maioria dos docentes dessa rede publicam em coautoria com outros membros do programa.

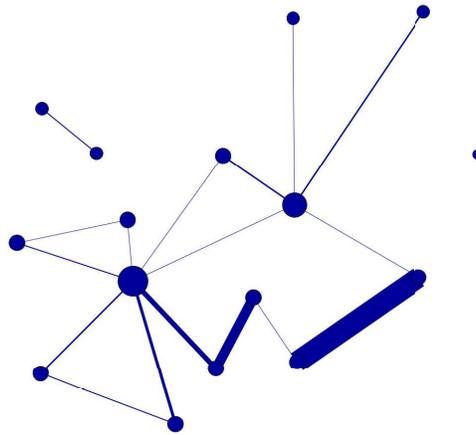


Figura 4.1: rede de coautoria do programa A.

Na Figura 4.2 temos a distribuição de graus da rede, no eixo das abcissas (*value*) temos o valor do grau e no eixo das ordenadas (*count*) temos a quantidade de vértices. Assim, temos 1 vértice com nenhuma ligação, ou seja, seu grau é zero, 4 vértices com grau 1, 9 vértices com grau 2, um vértice com grau 5 e 1 vértice com grau 7.

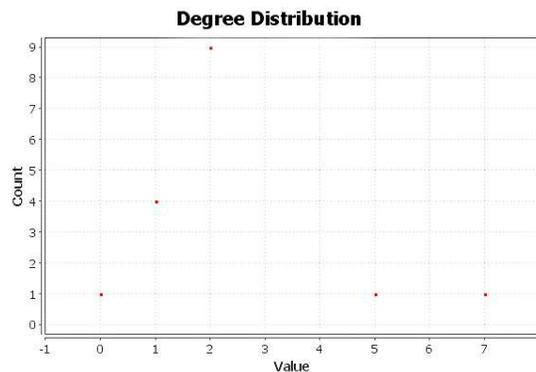


Figura 4.2: distribuição de graus do programa A.

Nota-se que a rede é formada por 3 componentes (ver Figura 4.3). Observando a distribuição das componentes na Figura 4.4, onde no eixo das abcissas temos o número de nós que a componente possui e no eixo das ordenadas temos a quantidade de componentes. Assim, verificamos 1 componente com 1 vértice; 1 componente com 2 vértices e uma componente com 13 vértices.

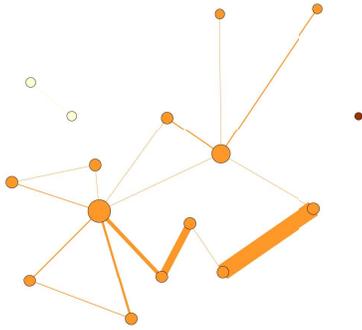


Figura 4.3: rede de coautoria do programa A - Componentes.

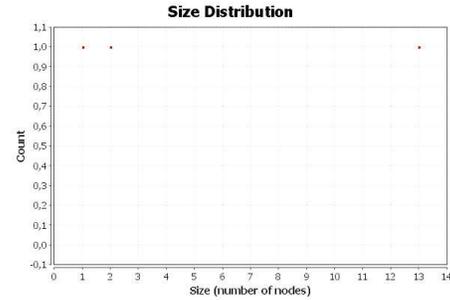


Figura 4.4: distribuição das componentes da rede de coautoria do programa A.

Na Figura 4.5 temos a rede destacando os vértices mais aglomerados (*hubs*). Note que os vértices com tons mais escuros são os mais conectados. Neste caso, temos dois vértices que se destacam, A2 e A8, ambos docentes permanentes do programa, entretanto, apenas o docente que representa o maior *hub*, A2, possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Na Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,477.

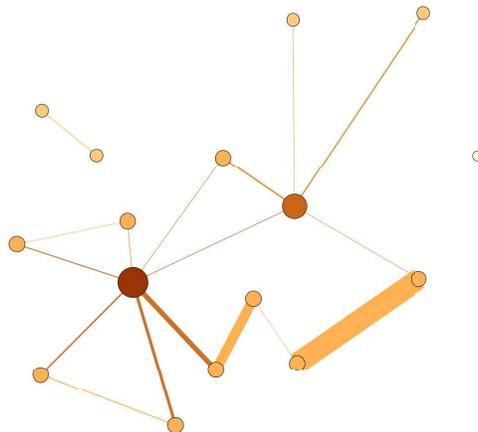


Figura 4.5: rede de coautoria do programa A - *hubs*.

A modularidade permite observar comunidades, ou os *clusters*, assim na Fi-

gura 4.6 observamos a presença de 6 comunidades. Temos, na Tabela 4.2, a modularidade para essa rede que é 0,551.

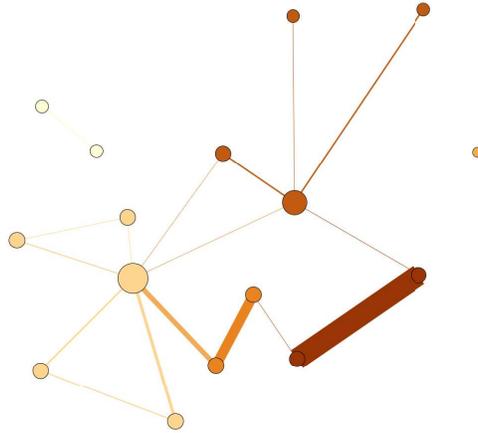


Figura 4.6: rede de coautoria do programa A - Modularidade.

Como mencionado anteriormente, a centralidade de intermediação (*Betweenness Centrality*) mede a frequência com que um nó aparece nos caminhos mais curtos entre nós da rede. Na Figura 4.7 temos os nós mais centrais, em relação a centralidade de intermediação. Os nós mais centrais em relação a centralidade de intermediação são aqueles que possuem uma tonalidade mais escura, para essa rede, há dois nós que se destacam dentre os demais, A2 e A8, assim por esses vértices passam mais caminhos mínimos.

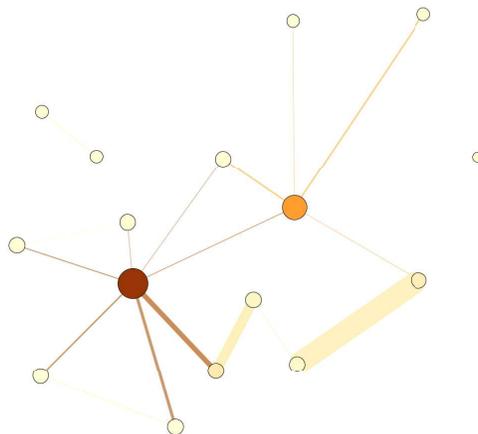


Figura 4.7: rede de coautoria do programa A - centralidade de intermediação.

Já a centralidade de proximidade (*Closeness Centrality*) é a distância média de um determinado nó inicial a todos os demais nós da rede. Na Figura 4.8 temos os

nós mais centrais, em relação a essa métrica, novamente aqueles com uma tonalidade mais escura, A16, A3, A7 e A13, são os docentes que possuem um maior valor da métrica considerada nessa rede.

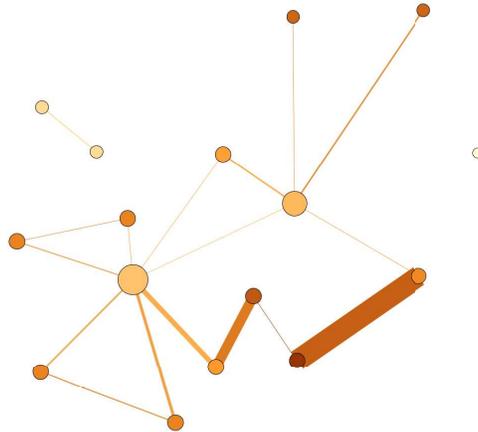


Figura 4.8: rede de coautoria do programa A - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.9 os nós com uma tonalidade mais escura são aqueles que estão à frente no *rank* de colaboração, ou seja, representam os docentes que mais colaboraram com os demais docentes. Neste caso, temos dois nós que se destacam, A12 e A2, ambos docentes permanentes do programa. Embora, apenas o docente A2, possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

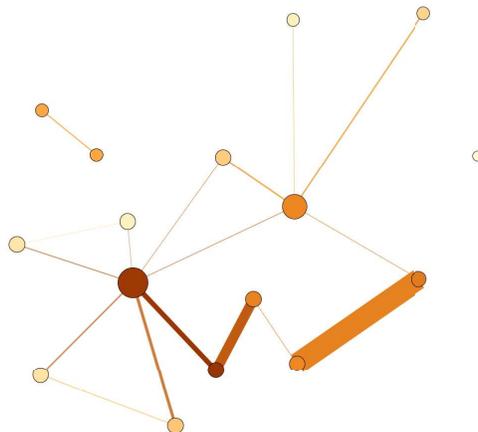


Figura 4.9: rede de coautoria do programa A - *rank* de colaboração.

Um fato interessante em relação aos pesquisadores A2 e A3, é que além de serem os *hubs* da rede, por esses vértices passam mais caminhos curtos. Além do mais, eles pertencem a maior componente, embora pertencendo a comunidades distintas.

4.2.2 Programa B: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia - UFSJ, MG

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Bioengenharia não é uma rede conectada, mesmo retirando o vértice isolado. A rede apresenta um grande grupo maior que engloba a maioria dos docentes que publicaram em coautoria, como podemos observar na Figura 4.10. Nota-se que nesta rede os docentes que possuem mais publicações estão presentes na componente que contém o maior número de vértices, assim como também os docentes que mais publicam em coautoria.

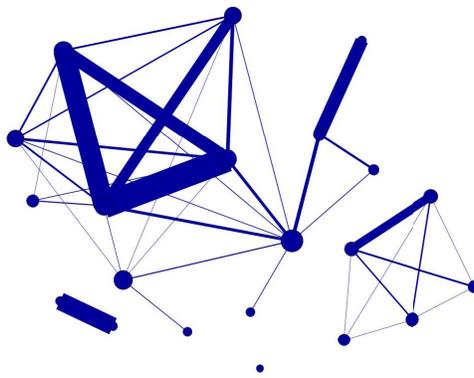


Figura 4.10: rede de coautoria do programa B.

Na Figura 4.11 temos a distribuição de graus da rede do programa B. Observa-se que temos 1 vértice com nenhuma ligação, ou seja, seu grau é zero, 5 vértices com grau 1 e assim por diante (ver Figura 4.11).

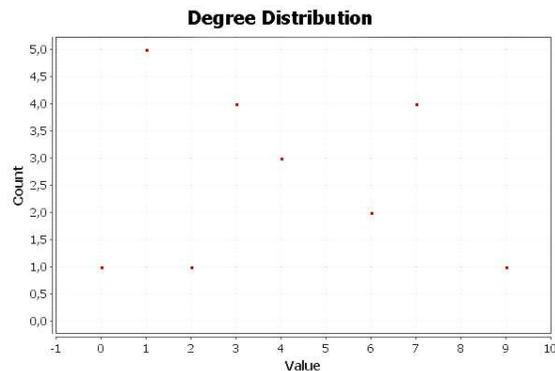


Figura 4.11: distribuição de graus do programa B.

Um fato que nos chama atenção, é que diferentemente do que ocorre no programa

A, o docente que publica isoladamente é um membro permanente do programa. Assim, verificamos que a maioria dos docentes dessa rede publicam em parceria com os demais docentes desse programa.

Na rede do programa B há 4 componentes, ver Figura 4.12, verificamos uma componente maior, que envolve 13 vértices, correspondendo a 61,9% do total.

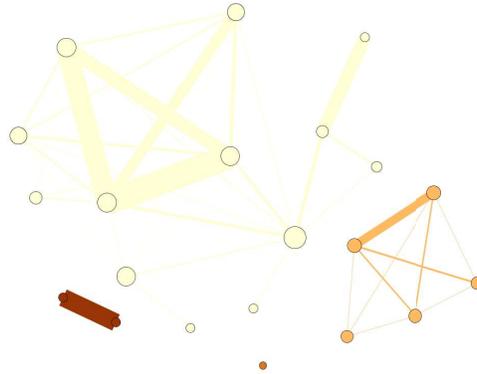


Figura 4.12: rede de coautoria do programa B - Componentes.

Na Figura 4.13 temos a rede destacando os *hubs*. Observa-se que os vértices com tons mais escuros são os mais conectados, neste caso temos um vértice que se destaca com 9 conexões, B1, seguido por 4 outros nós (B8, B9, B12 e B21).

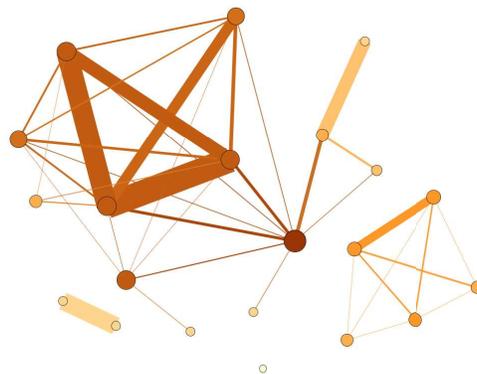


Figura 4.13: rede de coautoria do programa B - *hubs*.

Um fato interessante, é que esse docente representado por B1, não é um membro permanente do programa, e nem possui bolsa de produtividade em pesquisa do

CNPq. Enquanto os docentes representados por B8 e B9, outros dois *hubs* da rede, são membros permanentes e possuem bolsa de produtividade do CNPq. Na Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,828.

A rede do programa B apresenta 5 comunidades, como se observa na Figura 4.14. A comunidade que possui mais vértice é a da classe 4, que agrupa 7 desses vértices. Temos na Tabela 4.2 a modularidade para essa rede que é 0,516.

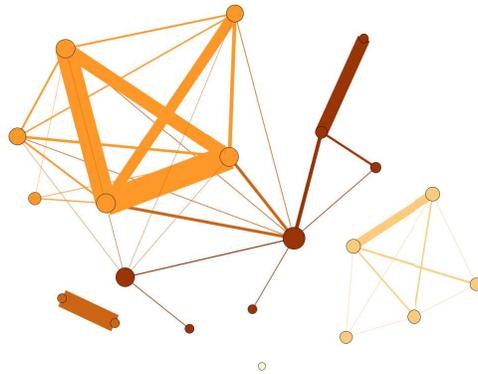


Figura 4.14: rede de coautoria do programa B - Modularidade.

Nas Figura 4.15 e 4.24, temos a rede em relação a centralidade de intermediação e a centralidade de proximidade, respectivamente. Nessa rede, o nó B1 se destaca dentre os demais, em relação a centralidade de intermediação, ou seja, por esse nó passam mais caminhos mínimos. Já em relação a centralidade de proximidade, o docente B19 é o que possui o maior valor em relação a esta métrica, ou seja é o vértice mais distante dos demais vértices nessa rede.

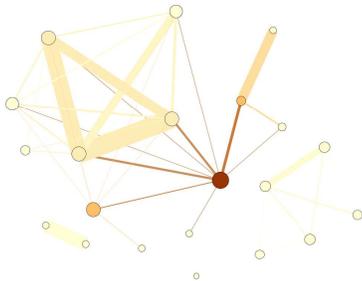


Figura 4.15: rede de coautoria do programa B - centralidade de intermediação.

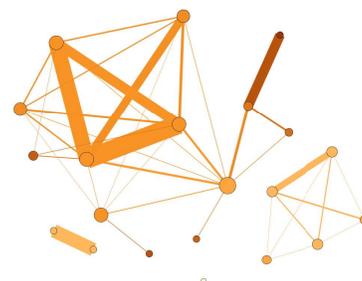


Figura 4.16: rede de coautoria do programa B - centralidade de proximidade.

A Tabela 4.1 apresenta ao diâmetro dessa rede que é 4. Nessa rede temos que o número de caminhos mais curtos é 178, onde o caminho mínimo médio é 1,753, ou seja, cada docente está separado de outro docente, aproximadamente por 2 arestas (2 passos).

Na Figura 4.17 os nós com uma tonalidade mais escura são aqueles que estão à frente no *rank* de colaboração. Nesta rede temos um docente que se destaca, B8, ou seja, o que mais colaborou nesta rede. Podemos notar que esse docente faz parte da maior componente dessa rede, assim como também da maior comunidade. Em particular, possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq, além de ser um dos *hubs* para essa rede.

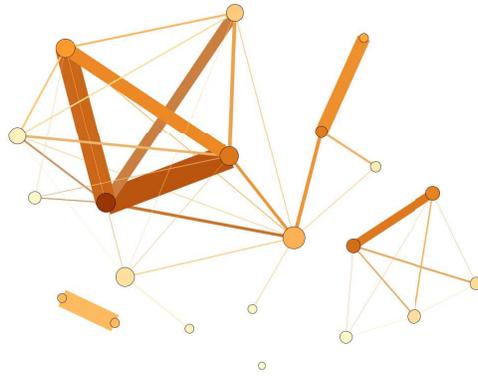


Figura 4.17: rede de coautoria do programa B - *rank* de colaboração.

Por outro lado, o maior *hub* da rede, B1, está presente na maior componente, na maior comunidade, por ele passa o maior número de caminhos mínimos, entretanto esse docente não possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq e ocupa apenas a oitava posição no *rank* de colaboração.

4.2.3 Programa C: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Bioinformática - UFPR, PR

A rede de coautoria do Programa de Pós-Graduação em Bioinformática, veja Figura 4.18, também não é uma rede conectada, mesmo retirando os vértices isolados. A rede apresenta uma maior componente que engloba a maioria dos docentes que publicaram em coautoria. Nota-se que os docentes que possuem mais publicações e também aqueles que mais publicam em coautoria estão presentes nessa componente maior. Na Figura 4.19 temos a distribuição de graus para essa rede.

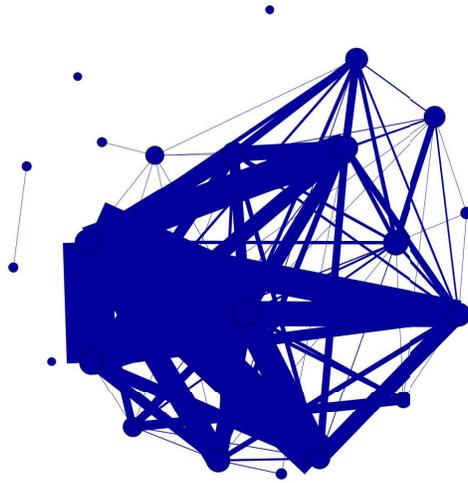


Figura 4.18: rede de coautoria do programa C.

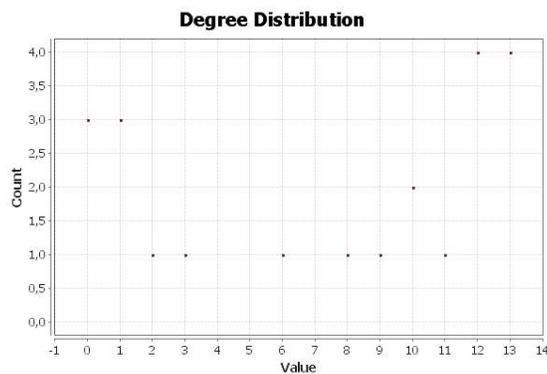


Figura 4.19: distribuição de graus do programa C.

Na rede do programa C há 5 componentes conectadas, ver Figura 4.20, há uma componente maior, que envolve 17 vértices, correspondendo a 77,29% do total.

Na Figura 4.21, temos a rede destacando os *hubs*, Observa-se que há quatro vértices, C3, C4, C8 E C13, que se destacam como os hubs dessa rede. E apenas o

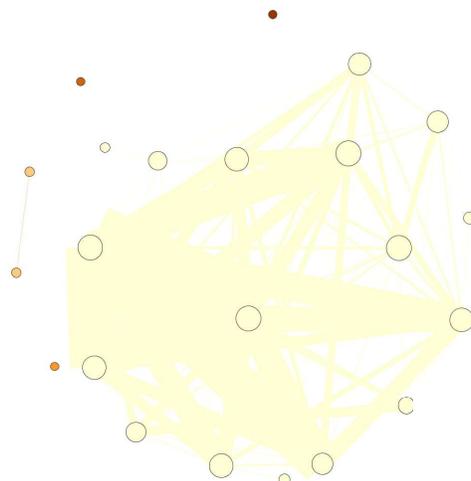


Figura 4.20: rede de coautoria do programa C - Componentes.

docente C13, dentre esses, não possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Na Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,831.

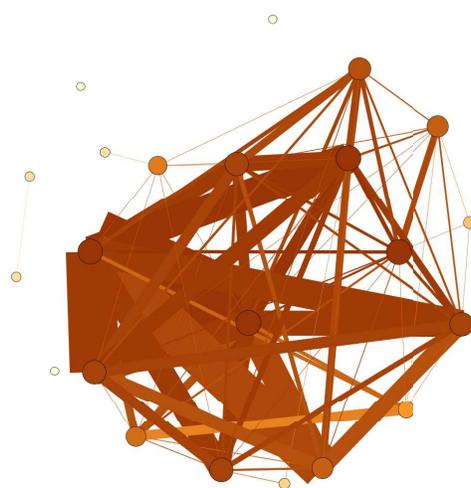


Figura 4.21: rede de coautoria do programa C - hubs.

A rede do programa C apresenta 6 comunidades, observe a Figura 4.22. Note que temos 2 comunidades que possuem a maior parte dos vértices, uma que envolve 9 vértices e outra que envolve 8. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,083.

Nas Figuras 4.23 e 4.24 podemos observar a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, apenas um vértice (C15) se destaca dos demais, ou seja, por esse docente passam mais caminhos curtos que em relação aos demais. Este docente tem bolsa de produtividade do CNPq e é um membro permanente do programa. Considerando a

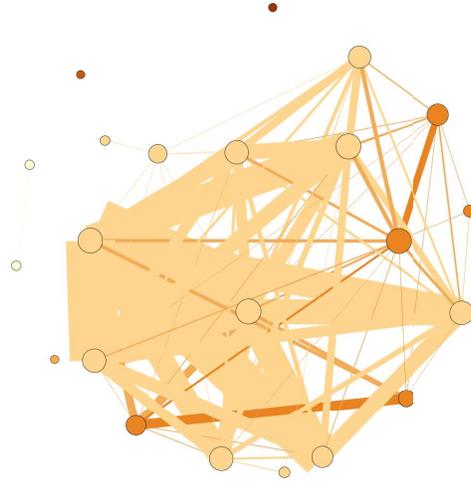


Figura 4.22: rede de coautoria do programa C - modularidade.

centralidade de proximidade, há um vértice (C19) que se destaca dentre os demais, esse docente também possui bolsa de produtividade do CNPq.

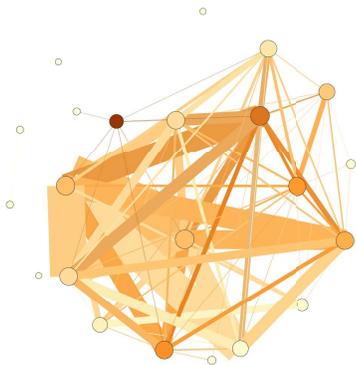


Figura 4.23: rede de coautoria do programa C - centralidade de intermediação.



Figura 4.24: rede de coautoria do programa C - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.25, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração. Nesta rede temos um docente (C4) que mais colaborou nesta rede. Podemos notar que por esse docente não passa o maior número de caminhos mínimos. Por outro lado, ele faz parte de uma das maiores componentes dessa rede, assim como também da maior comunidade. Além de ser um dos *hubs* da rede e, como já mencionado, ser bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq.

Por outro lado, outros dois *hubs* da rede, representados pelos docentes C3 e C8, ocupam a segunda e a terceira posição no *rank* de colaboração, enquanto o outro *hub* da rede, C13, aparece só na décima-primeira posição.

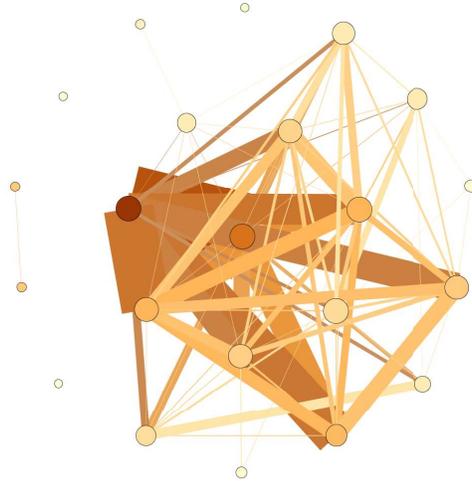


Figura 4.25: rede de coautoria do programa C - *rank* de colaboração.

4.2.4 Programa D: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Biometria - UNESP, SP

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Biometria, veja Figura 4.26, também não é uma rede conectada, embora quando retirados os nós isolados, D12 e D13, que são docentes colaboradores do programa, obtemos uma rede conectada. Nesta rede, a maior componente engloba a maioria dos docentes que publicaram em coautoria, contendo também um par de docentes que mais publicaram juntos. Na Figura 4.27 temos a distribuição de graus para essa rede.

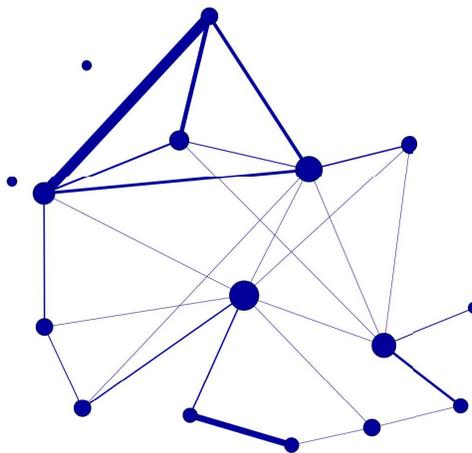


Figura 4.26: rede de coautoria do programa D.

Na rede do programa D há 3 componentes, ver Figura 4.28. A maior componente

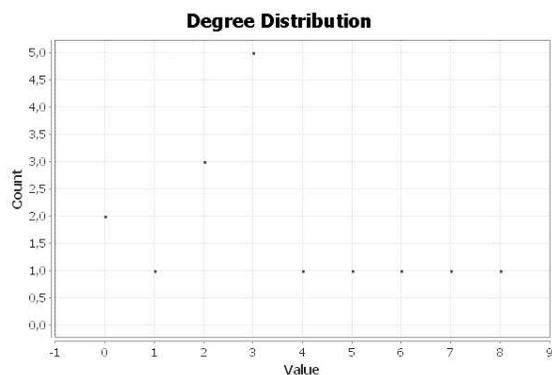


Figura 4.27: distribuição de graus do programa D.

maior envolve 14 dos 16 vértices existentes nessa rede, correspondendo a 87,5% do total.

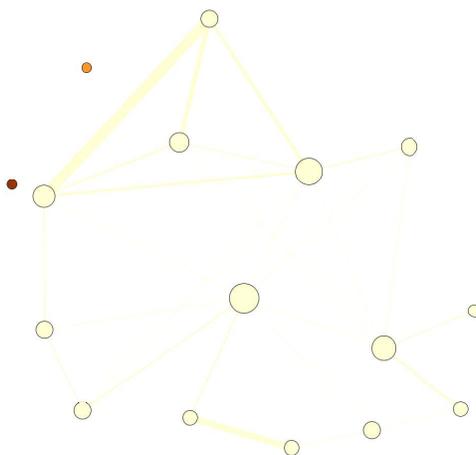


Figura 4.28: rede de coautoria do programa D - componentes.

Na Figura 4.29 temos a rede destacando os *hubs*, note que há três vértices, D5, D11 e D9, todos docentes permanentes do programa, que se destacam como os *hubs* dessa rede. Nenhum dos docentes desse programa possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

A Rede do Programa D apresenta 6 comunidades, observe a Figura 4.30. A maior comunidade possui 5 dos vértices 16 vértices dessa rede. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,415. Um fato interessante, é que os dois *hubs* da rede estão em comunidades distintas.

Nas Figuras 4.31 e 4.32 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, o vértice (D5) se destaca dos demais, ou seja, por esse docente passam mais caminhos curtos, em relação aos demais. Note também, como já mencionado, esse docente também é

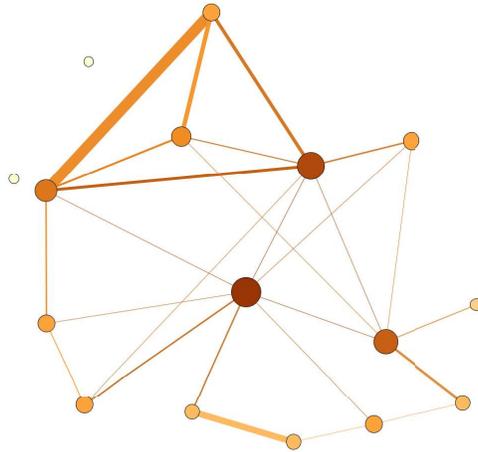


Figura 4.29: rede de coautoria do programa D - *hubs*.

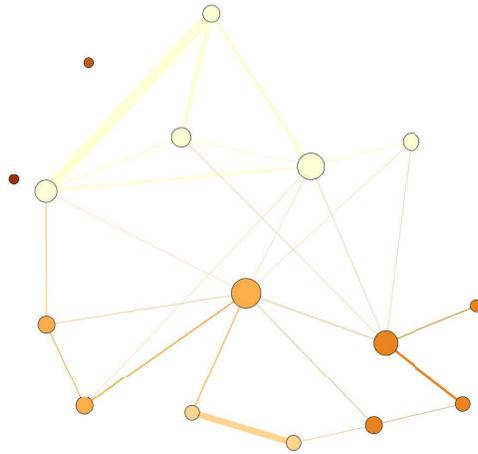


Figura 4.30: rede de coautoria do programa D - modularidade.

um *hub* da rede. E considerando a centralidade de proximidade há um vértice (D1) que se destaca dentre os demais.

Na Figura 4.33, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração. Nesta rede, temos dois vértices, D14 e D3, que mais se destacam em colaboração nesta rede. Entretanto, só D3 aparece nas primeiras posições como *hub* dessa rede, em particular esse docente ocupa a quarta posição.

Por outro lado, outros dois *hubs* da rede, D5 e D11, aparecem no *rank* de colaboração apenas na sexta e sétima posição.

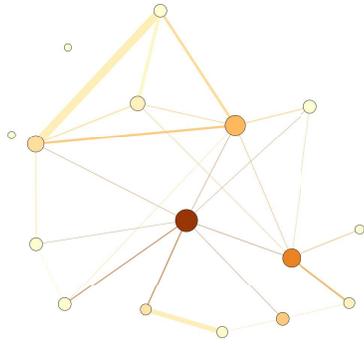


Figura 4.31: rede de coautoria do programa D - centralidade de intermediação.

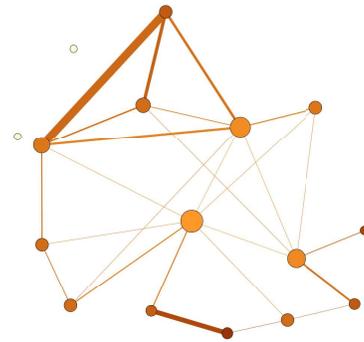


Figura 4.32: rede de coautoria do programa D - centralidade de proximidade.

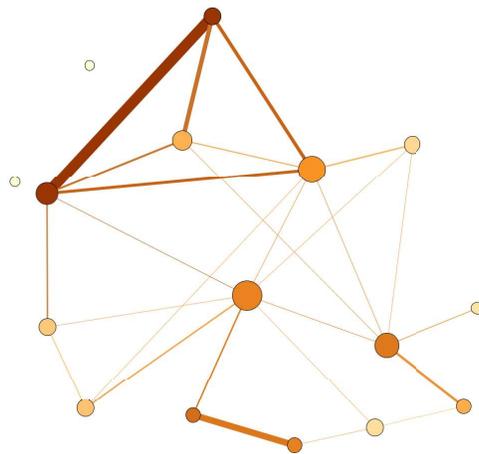


Figura 4.33: rede de coautoria do programa D - *rank* de colaboração.

4.2.5 Programa E: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Ciências Computacionais (CCOMP) - UERJ, RJ.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Ciências Computacionais da UERJ (veja Figura 4.34) também não é uma rede conectada. Mesmo retirando-se os 6 nós isolados, ainda temos uma rede não conectada. Nesta rede, temos 5 pares de vértices que publicam muito em coautoria. Há uma componente engloba a maioria dos vértices. Na Figura 4.35 temos a distribuição de graus para essa rede.

Na rede do programa E há 8 componentes, ver Figura 4.36. A maior componente maior, que envolve 21 vértices, correspondendo a 52,5% do total.

Na Figura 4.37, temos a rede destacando os *hubs* e a sua distribuição. Observa-se que há dois vértices, E17 e E29, ambos docentes permanentes do programa, que se

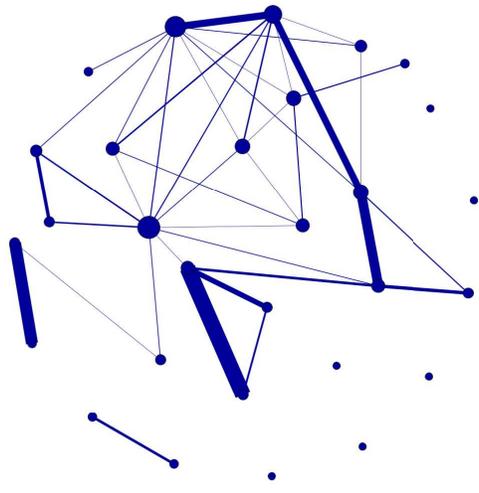


Figura 4.34: rede de coautoria do programa E.

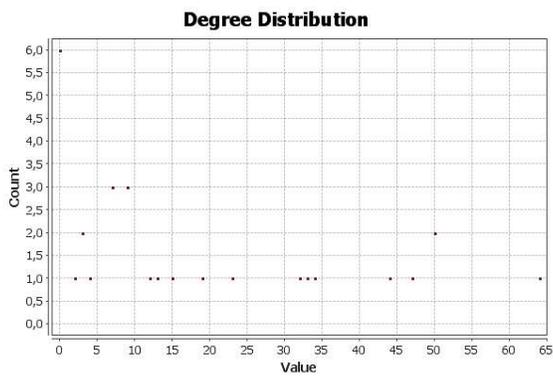


Figura 4.35: distribuição de graus do programa E.

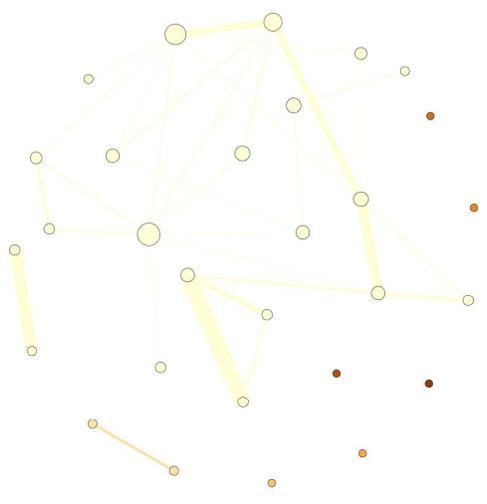


Figura 4.36: rede de Coautoria do programa E - componentes.

destacam como os *hubs* dessa rede. Entretanto, nenhum desses docentes possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

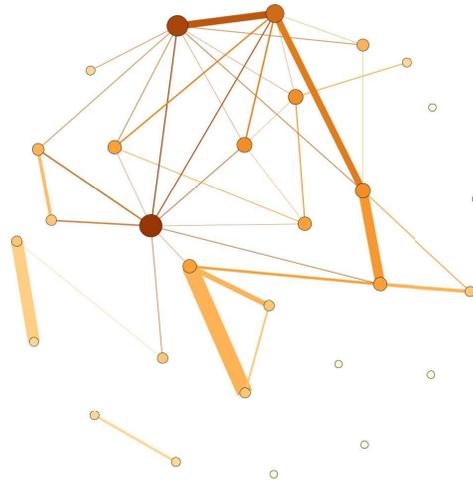


Figura 4.37: rede de coautoria do programa E - *hubs*.

A Rede do Programa E apresenta 12 comunidades, observe a Figura 4.38, a maior comunidade dessa rede possui 9 vértices. Na Tabela 4.2 temos que a modularidade para essa rede que é 0,613. Um fato interessante, é que um dos *hubs*, E29, está presente na comunidade que engloba o maior número vértices.

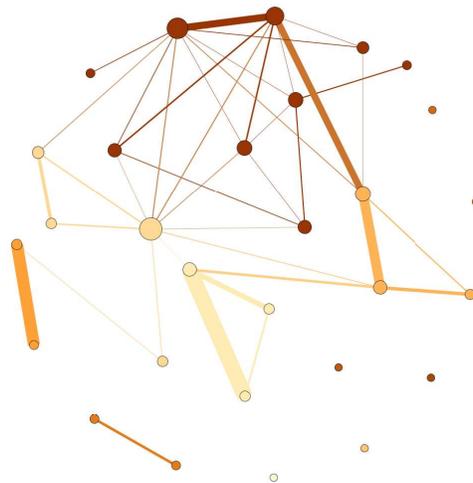


Figura 4.38: rede de coautoria do programa E - modularidade.

Nas Figuras 4.39 e 4.40 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, o vértice (E17) se destaca dentre dos demais, ou seja, por esse docente passam mais caminhos curtos. Note também, como já mencionado, que esse docente também é um dos *hubs*

da rede. E considerando-se a centralidade de proximidade há um vértice (E21) que se destaca dentre os demais.

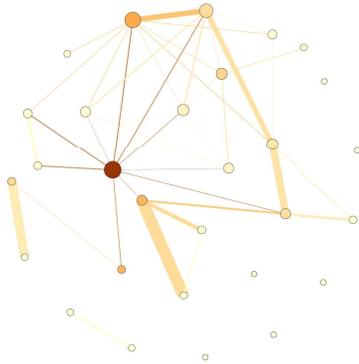


Figura 4.39: rede de coautoria do programa E - centralidade de intermediação.

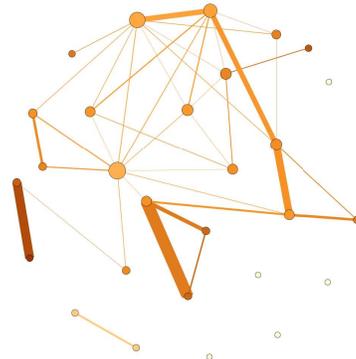


Figura 4.40: rede de coautoria do programa E - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.41, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração. Nesta rede, o vértice, E25 é o que mais se destaca no *rank* de colaboração dessa rede. Este vértice, também está presente na comunidade que possui o maior número de vértices, entretanto esse docente não possui bolsa de pesquisa de produtividade do CNPq.

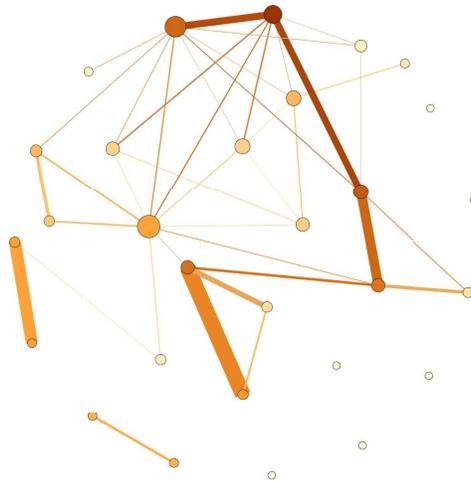


Figura 4.41: rede de coautoria do programa E - *rank* de colaboração.

Por outro lado, considerando os dois *hubs* da rede, apenas um desses docentes aparece nas primeiras posições no *rank* de colaboração, mas especificamente o vértice E29, que aparece na terceira posição. Outro fato interessante, é que os docentes que possuem bolsa de produtividade do CNPq, não aparecem em destaque em relação as métricas calculadas, com exceção ao *rank* de colaboração, onde esses docentes aparecem nas primeiras posições.

4.2.6 Programa F: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Ciências Físicas Aplicadas - UECE, CE.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Ciências Físicas Aplicadas da UECE, veja Figura 4.42, é uma rede conectada, onde todos os docentes publicam em coautoria, formando assim uma única componente. Nesta rede, temos 6 pares de vértices que se destacam na publicação em coautoria. Na Figura 4.43 temos a distribuição de graus para essa rede.

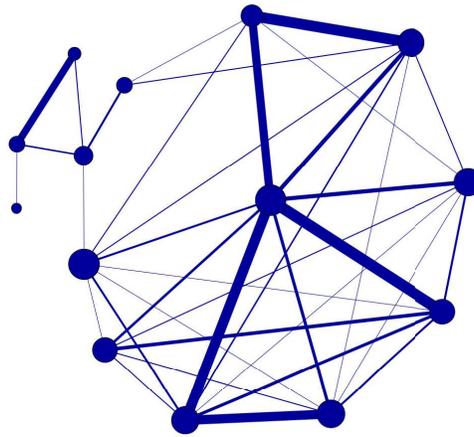


Figura 4.42: rede de coautoria do programa F.

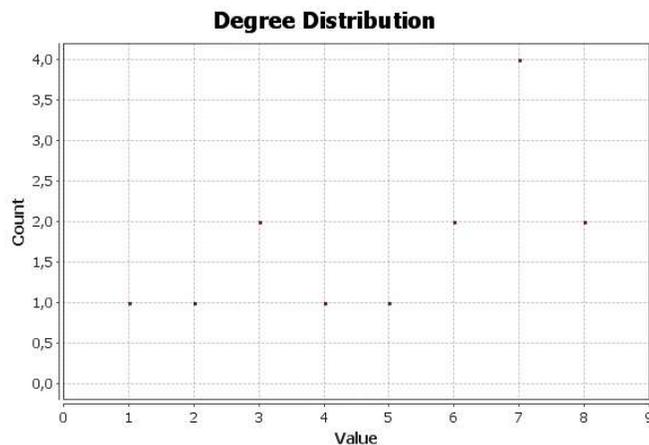


Figura 4.43: distribuição de graus do programa F.

Na Figura 4.44, temos a rede destacando os *hubs*, nota-se a presença de muitos *hubs* nessa rede, F1 e F5 são os mais bem colocados, sendo seguidos por F4, F8, F9 e F12. Todos os docentes são membros permanentes do programa, entretanto, os

dois mais bem posicionados, não possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Desses *hubs*, apenas F4 possuem bolsa de produtividade.

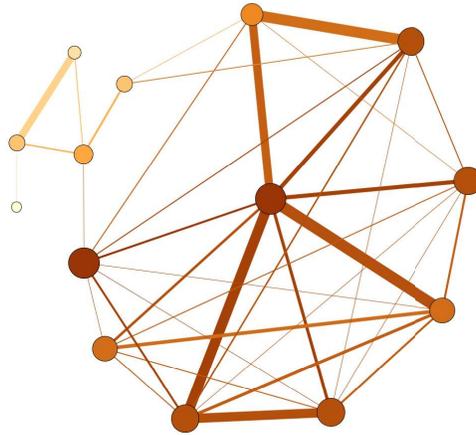


Figura 4.44: rede de coautoria do programa F - *hubs*.

A Rede do Programa F apresenta 3 comunidades, uma maior contendo 7 vértices, seguida por outra contendo 5 vértices, observe a Figura 4.45. Na Tabela 4.2 temos que a modularidade para essa rede que é 0,217.

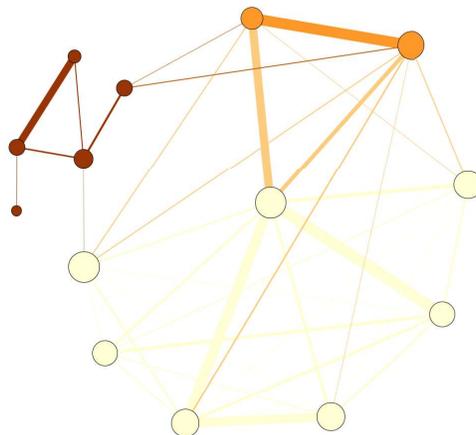


Figura 4.45: rede de coautoria do programa F - modularidade.

Nas Figuras 4.46 e 4.47 podemos observar a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, temos dois vértices que se destacam, F6 e F5, ambos membros permanentes do programa, entretanto ambos não possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Por esses docentes passam mais caminhos mínimos em relação aos demais.

Note também que apenas F5 é um dos *hubs* da rede. Considerando a centralidade de proximidade, o vértice F13 destaca-se dentre os demais, ou seja, esse docente é o membro mais distante dos demais nessa rede.

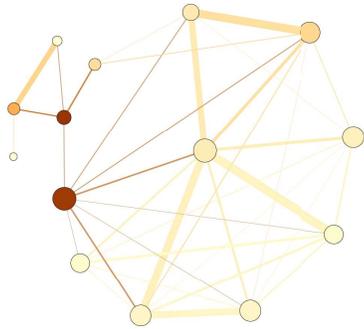


Figura 4.46: rede de coautoria do programa F - centralidade de intermediação.

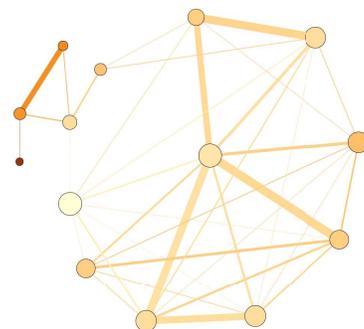


Figura 4.47: rede de coautoria do programa F - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.48, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, o vértice que mais se destaca entre os demais é F1, um docente que também é um dos *hubs* dessa rede, como já mencionado anteriormente.

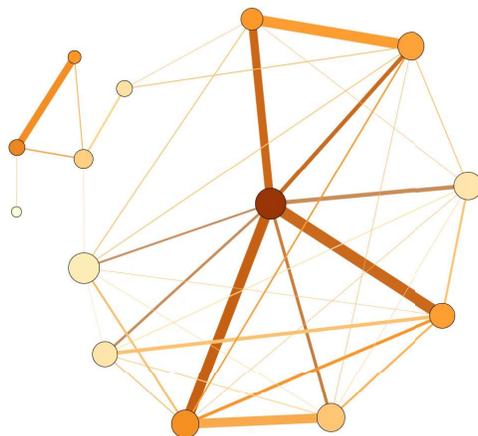


Figura 4.48: rede de coautoria do programa F - *rank* de colaboração.

Por outro lado, considerando o outro *hubs* da rede, F5, esse docente aparece na penúltima colocação no *rank* de colaboração.

4.2.7 Programa G: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicadas - INPE, SP.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Computação Aplicadas, veja Figura 4.49, também não é uma rede conectada, embora quando retirado o nó isolado G31, que representa um docente colaborador do programa, temos uma rede conectada. Nesta rede, podemos encontrar muitos laços fortes, ou seja, muitos pares de docentes que publicaram juntos., dentre os quais destacam-se os laços entre os vértices G1 e G7 e a tríade formada pelos vértices G3, G14 e G21. Na Figura 4.50 temos a distribuição de graus para essa rede.

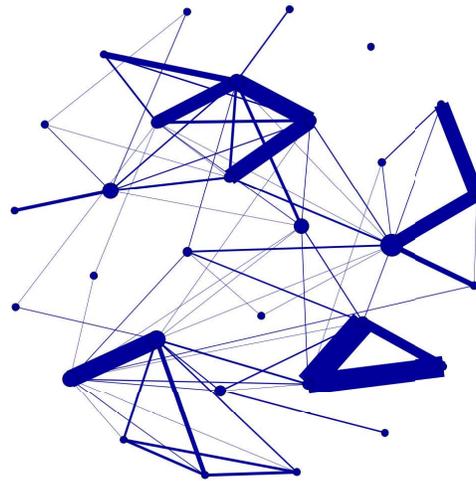


Figura 4.49: rede de coautoria do programa G.

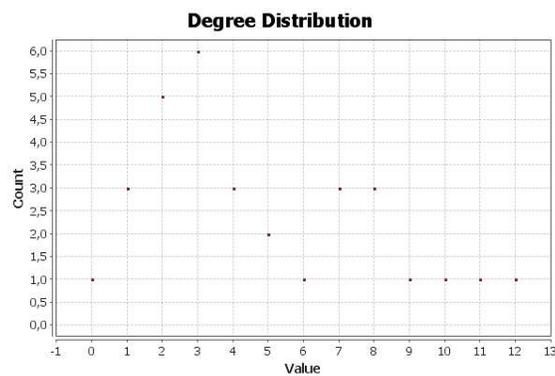


Figura 4.50: distribuição de graus do programa G.

Na rede do programa G há 2 componentes, ver Figura 4.51. A maior componente maior envolve 30 dos 31 vértices existentes nessa rede, correspondendo a 96,77% do total.

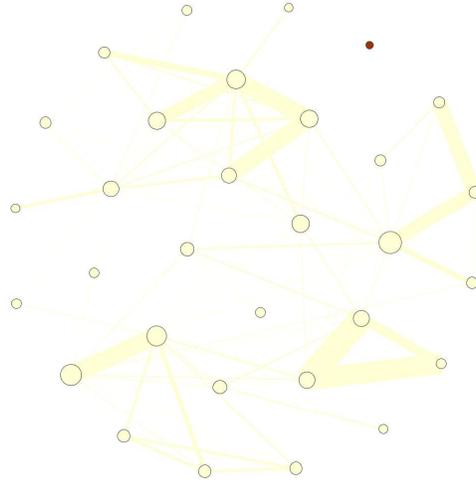


Figura 4.51: rede de coautoria do programa G - componentes.

Na Figura 4.52 temos a rede destacando os *hubs*, há três vértices que se destacam, G17, G1, G7 E G8, todos docentes permanentes do programa, embora só G7 e G8 possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Outro fato interessante é o forte laço entre os dois hubs G1 e G7, ou seja, esses docentes publicaram muito em coautoria.

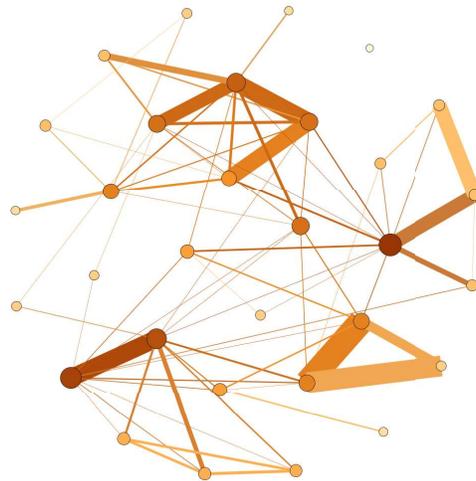


Figura 4.52: rede de coautoria do programa G - *hubs*.

A rede do programa G apresenta 5 comunidades, observe a Figura 4.53. A maior comunidade possui 11 dos vértices 31 vértices dessa rede. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,653. Um fato a ser destacado é que nenhum dos três maiores *hubs* da rede estão presentes na maior comunidade.

Nas Figuras 4.31 e 4.32 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, o vértice

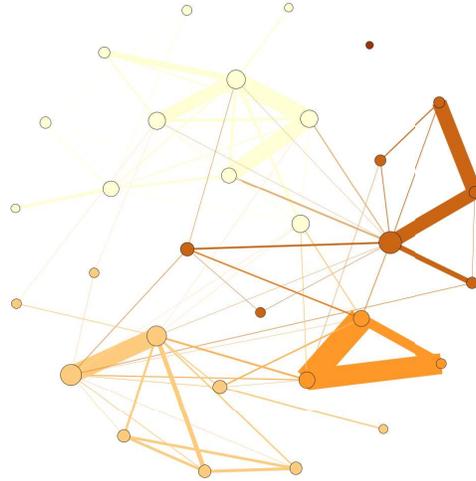


Figura 4.53: rede de coautoria do programa G - modularidade.

mais central é G17, ou seja, por esse docente passam mais caminhos curtos que em relação aos demais. Note também, como já mencionado, esse docente também é um *hub* da rede. Considerando a centralidade de proximidade, os vértices mais centrais são: G12, G9 e G15, ou seja, são os vértices mais distantes dos demais vértices nessa rede.

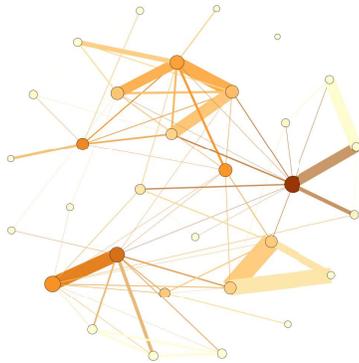


Figura 4.54: rede de coautoria do programa G - centralidade de intermediação.



Figura 4.55: rede de coautoria do programa G - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.56, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração. Nesta rede, temos três vértices que se destacam, G8, G6 e G7, onde todos são bolsistas do CNPq. Note que entre os dois primeiros, há um forte laço entre eles. Em relação ao *rank* de colaboração, G8 e G6 ocupam a quarta e quinta colocação. Por outro lado, o outro *hubs* da rede G7, também possuem um forte laço com G1, o segundo maior *hub* da rede.

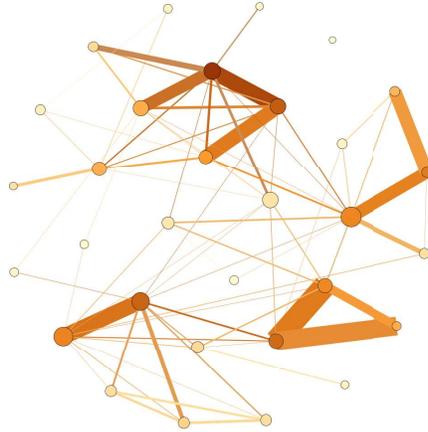


Figura 4.56: rede de coautoria do programa G - *rank* de colaboração.

4.2.8 Programa H: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação - UERJ, RJ.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação, veja Figura 4.57, corresponde a uma rede conectada, embora quando retirados os nós isolados, H2, H10 e H15, temos uma rede conectada. Entre esses docentes, apenas o vértice H15 possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

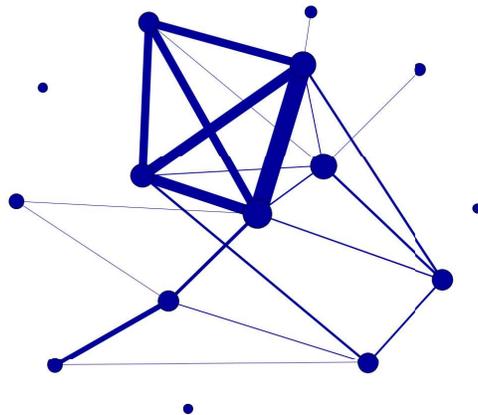


Figura 4.57: rede de coautoria do programa H.

Nesta rede, podemos encontrar muitos laços fortes, ou seja, muitos pares de docentes que publicaram juntos. Dentre eles, destaca-se os vértices H1, H5, H6 e H7, que estão mutuamente conectados entre si com esses laços mais fortes. Na Figura 4.58 temos a distribuição de graus para essa rede.

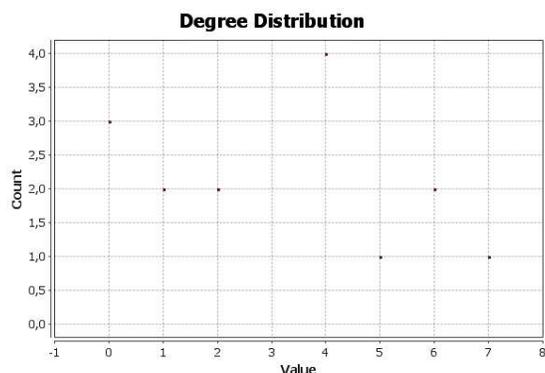


Figura 4.58: distribuição de graus do programa H.

Na rede do programa H há 4 componentes, ver Figura 4.59, há uma componente maior, que envolve 12 vértices, correspondendo a 80% do total.

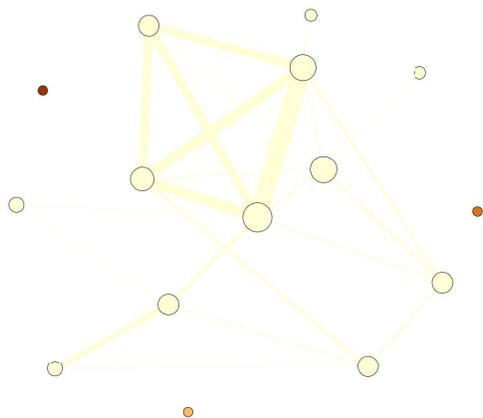


Figura 4.59: rede de coautoria do programa H - componentes.

Na Figura 4.60 temos a rede destacando os *hubs*, note que há quatro desses vértices, H1, H6, H13 e H5, que se destacam como os *hubs* dessa rede. Nenhum desses docentes, possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

A Rede do Programa H apresenta 6 comunidades, observe a Figura 4.61, as duas maiores comunidades, têm respectivamente, 5 vértices e 4 vértices. Na Tabela 4.2 temos que a modularidade para essa rede que é 0,183. Um fato interessante, é que os *hubs* dessa rede, estão todos presentes na segunda maior comunidade.

Na Figuras 4.62 e na Figura 4.63 podemos observar a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade, em relação a centralidade de intermediação, temos três vértices que se destacam, H1, seguido por H13 e H6, todos *hubs* dessa rede, assim, por esses docentes passam mais caminhos mínimos em relação aos demais. Considerando a centralidade de proximidade, os vértices H3,

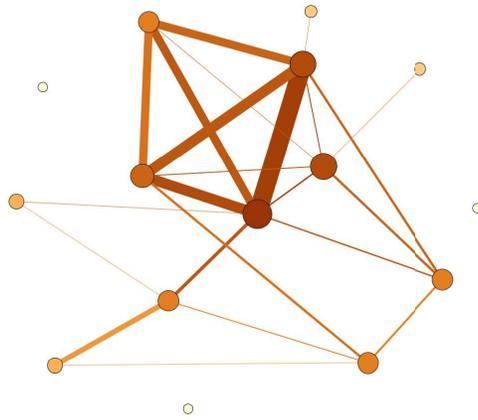


Figura 4.60: rede de coautoria do programa H - *hubs*.

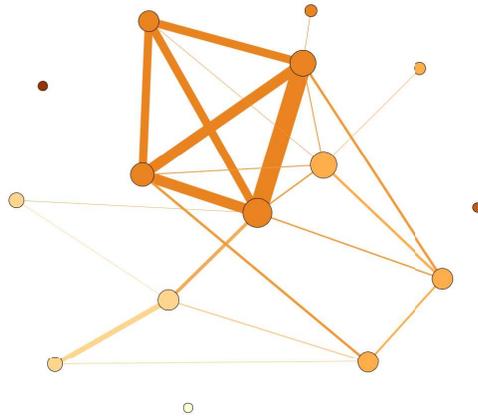


Figura 4.61: rede de coautoria do programa H - modularidade.

H9 e H12 se destacam em relação aos demais, ou seja, esses docentes representam os vértices mais distantes dos demais vértices nessa rede.

Na Figura 4.64, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração. Nesta rede, temos dois vértices que se destacam, H1 e H6. E como já mencionado, há um forte laço entre eles, por eles passam a maioria de caminhos mínimos, além deles serem *hubs* da rede. Entretanto, os outros *hubs*, H13 e H5, aparecem respectivamente, na terceira e oitava posição no *rank* de colaboração.

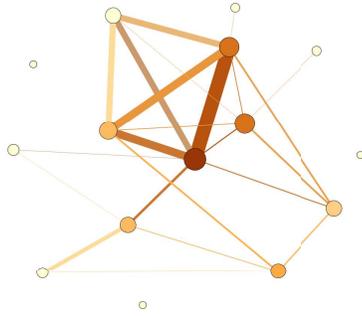


Figura 4.62: rede de coautoria do programa H - centralidade de intermediação.

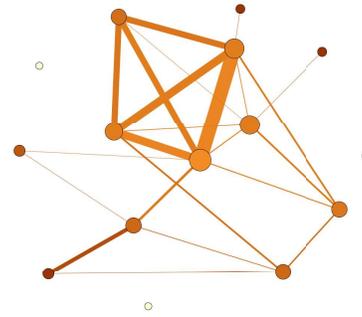


Figura 4.63: rede de coautoria do programa H - centralidade de proximidade.

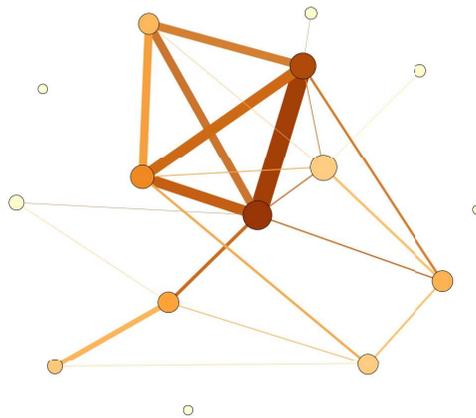


Figura 4.64: rede de coautoria do programa H - *rank* de colaboração.

4.2.9 Programa I: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Automação - UFLA, MG.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Automação, veja Figura 4.65, é uma rede não-conectada, embora quando retirados os nós isolados, obtemos uma rede conectada. Nesta rede, podemos encontrar um par de vértices com laços fortes, formado pelos vértices I2 e I4, ambos membros permanentes do programa, entretanto apenas I4 possui bolsa de produtividade CNPq. Na Figura 4.66 temos a distribuição de graus para essa rede.

Na rede do programa I há 6 componentes, ver Figura 4.67, há uma componente maior, que envolve 12 vértices, correspondendo a 58,33% do total.

Na Figura 4.68 temos a rede destacando os *hubs*, neste caso temos o vértice I8

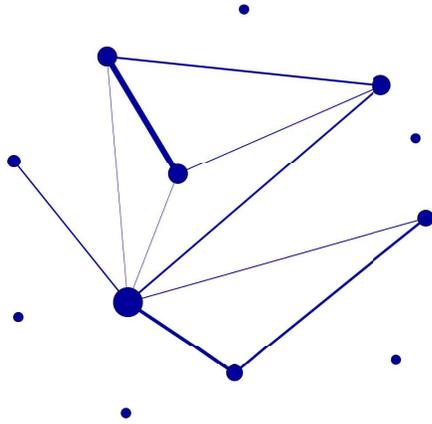


Figura 4.65: rede de coautoria do programa I.

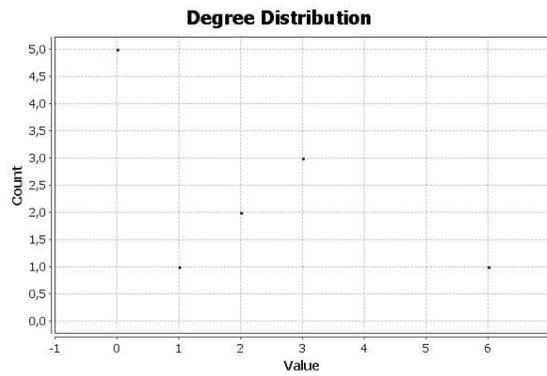


Figura 4.66: distribuição de graus do programa I.

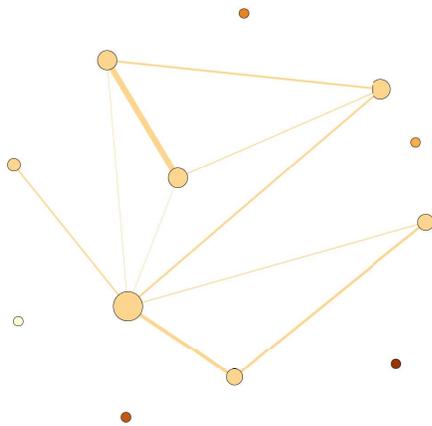


Figura 4.67: rede de coautoria do programa I - componentes.

que se destaca. Esse docente é um membro permanente do programa e possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Na Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,878.

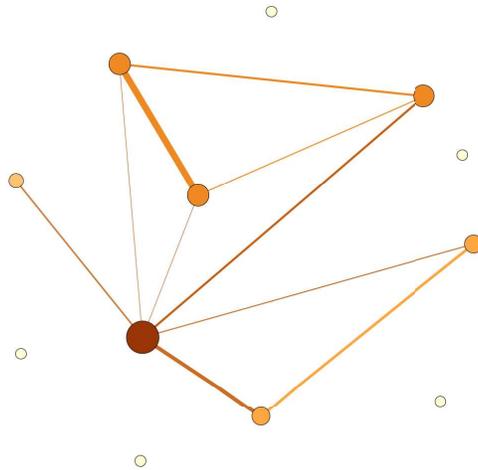


Figura 4.68: rede de coautoria do programa I - *hubs*.

A rede do programa I apresenta 7 comunidades, observe a Figura 4.69. Note que o *hub* da rede está presente na maior comunidade. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,353.

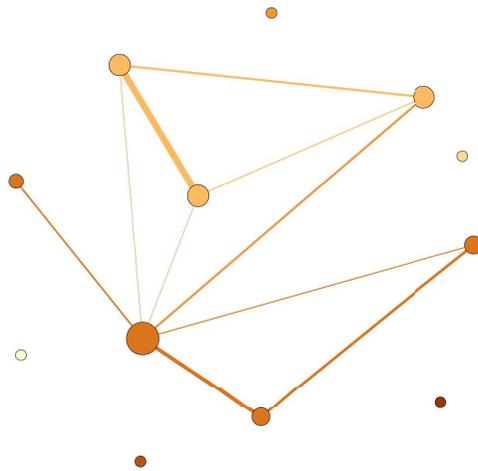


Figura 4.69: rede de coautoria do programa I - modularidade.

Nas Figuras 4.70 e 4.71 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, novamente o vértice (DI8) se destaca dos demais, ou seja, por esse docente passam mais caminhos curtos, em relação aos demais. E considerando a centralidade de proximidade, temos os seguintes vértices que se destacam, I2, I4, I7, I9 e I10.

Na Figura 4.72, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração. Nesta rede, outra vez, o vértice I8 se destaca, ou seja, esse docente foi o que mais colaborou com os demais. Na sequência, temos os vértices I2, I9 e I4, que ocupam as primeiras

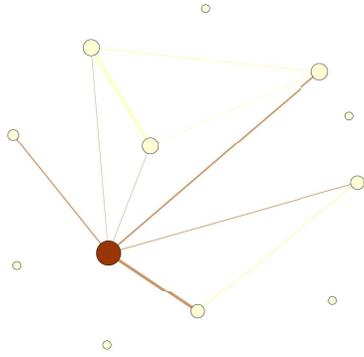


Figura 4.70: rede de coautoria do programa I - centralidade de intermediação.

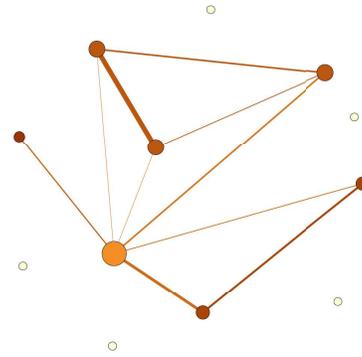


Figura 4.71: rede de coautoria do programa I - centralidade de proximidade.

posições em relação ao *rank* de colaboração.

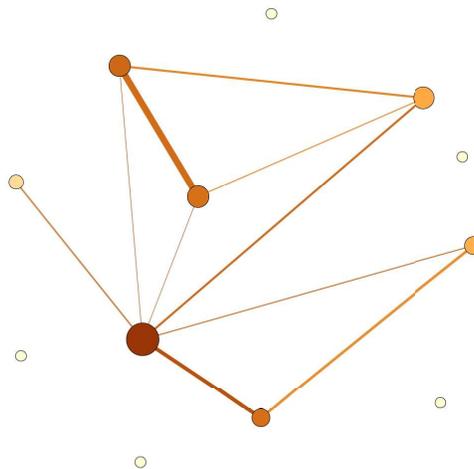


Figura 4.72: rede de coautoria do programa I - rank de colaboração.

4.2.10 Programa J: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental - UFMT, MT.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, veja Figura 4.73, é uma totalmente conectada, com a presença de muitos pares de vértices com laços fortes. Na Figura 4.74 temos a distribuição de graus para essa rede.

Na Figura 4.75 temos a rede destacando os *hubs* da rede, percebe-se a presença de muitos *hubs*, entretanto os três vértices mais bem posicionados são: J2, J19 e J15, que representam docentes permanentes do programa. Entretanto, apenas os docentes J2 e J15 possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Outro

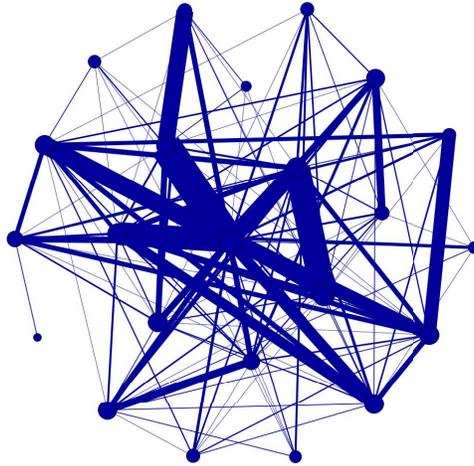


Figura 4.73: rede de coautoria do programa J.

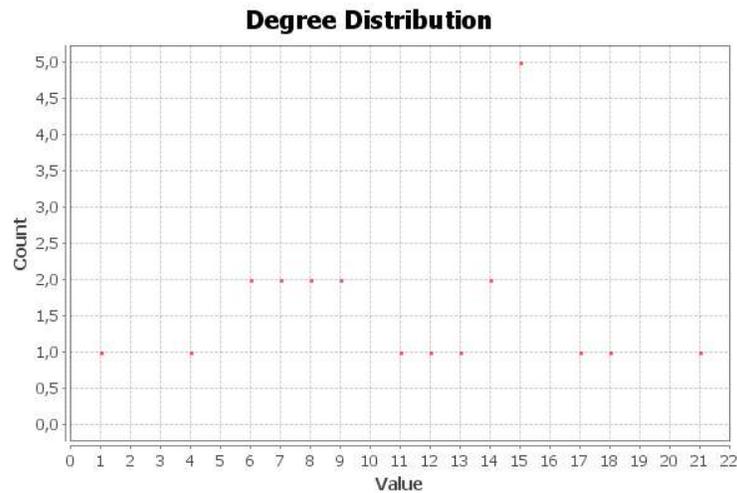


Figura 4.74: distribuição de graus do programa J.

fato interessante é o forte laço entre os pares de *hubs* J2 e J15, assim como também, entre J15 e J19, ou seja, esses docentes apresentam uma forte produção científica em coautoria.

A rede do programa J apresenta 4 comunidades, observe a Figura 4.76. Podemos notar que os *hubs* da rede estão em comunidades distintas, enquanto o vértice J2 está na maior comunidade, os outros dois *hubs*, J19 e J15 estão juntos em outra comunidade. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,2.

Na Figuras 4.77 e na Figura 4.78 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, novamente o vértice J2 se destaca dos demais, ou seja, por esse docente passam mais caminhos curtos, em relação aos demais. Outro vértice que também se destaca é o J3, outro membro permanente do programa, que possui bolsa de produ-

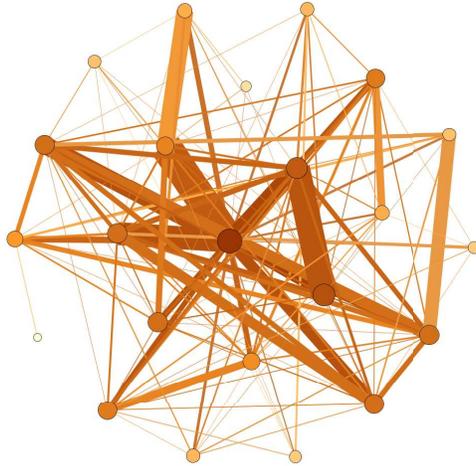


Figura 4.75: rede de coautoria do programa J - *hubs*.

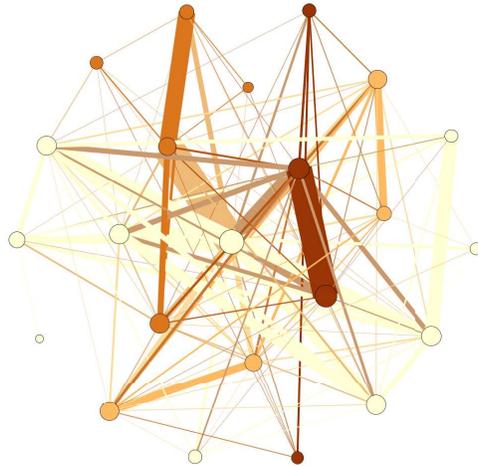


Figura 4.76: rede de coautoria do programa J - modularidade.

tividade em pesquisa do CNPq. Os outros dois *hubs*, J19 e J15, ocupam a terceira e quarta posição na colocação em relação a essa métrica. Considerando a centralidade de proximidade, temos os seguintes vértices que se destacam, J1 e J16, onde temos que nenhum deles possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

Na Figura 4.79, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração. Nesta rede, outra vez, o vértice J2 se destaca, ou seja, esse docente foi o que mais colaborou com os demais. Na sequência, os vértices que ocupam as primeiras posições em relação ao *rank* de colaboração são: J12, J15 e J11, nota-se que apenas J11 não possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

Por outro lado, considerando o outro *hub* da rede, representado pelo vértice J19, apenas aparece na sexta posição em relação ao *rank* de colaboração.

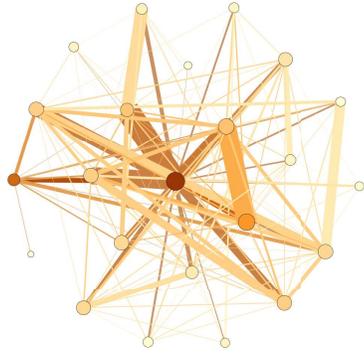


Figura 4.77: rede de coautoria do programa J - centralidade de intermediação.

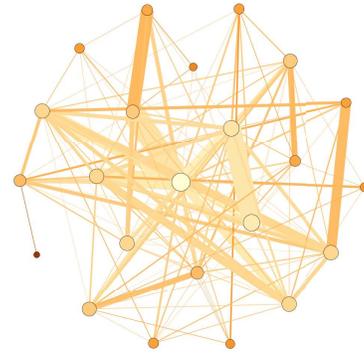


Figura 4.78: rede de coautoria do programa J - centralidade de proximidade.

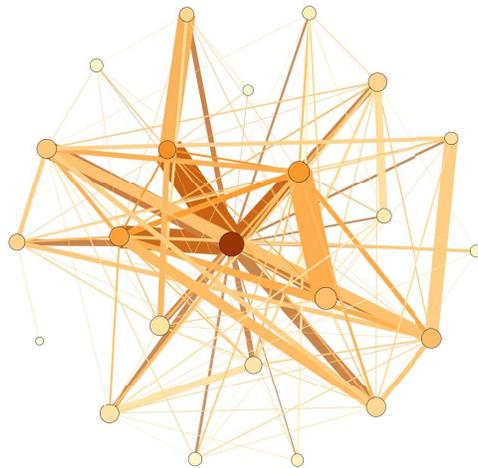


Figura 4.79: rede de coautoria do programa J - *rank* de colaboração.

4.2.11 Programa K: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Física e Química de Materiais - UFSJ, MG.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Física e Química de Materiais da UFSJ, veja Figura 4.80, também não é uma rede conectada, mesmos retirando os nós isolados, ainda temos uma rede não conectada. Nesta rede, temos muitos laços fortes. Na Figura 4.81 temos a distribuição de graus para essa rede.

Na rede do programa K há 8 componentes, ver Figura 4.82. A maior componente maior envolve 19 vértices, correspondendo a 63,33% do total.

Na Figura 4.83, temos a rede destacando os *hubs* e a sua distribuição. Observa-se que o vértice K21, que representa um docente permanente do programa, com bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq, se destaca como o *hub* dessa rede.

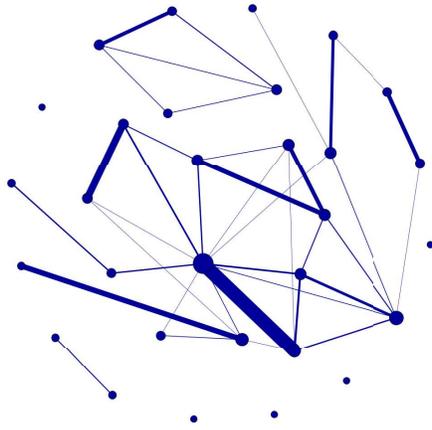


Figura 4.80: rede de coautoria do programa k.

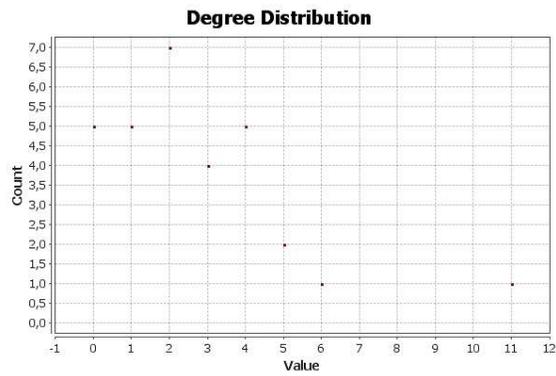


Figura 4.81: distribuição de graus do programa k.

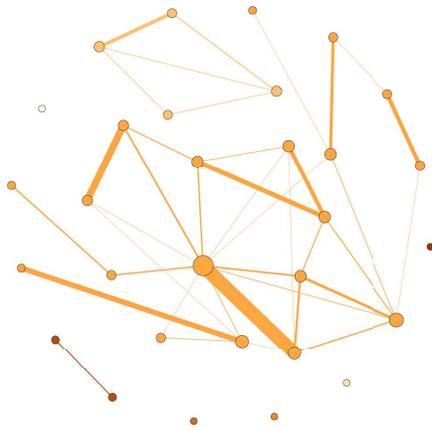


Figura 4.82: rede de coautoria do programa K - componentes.

A rede do programa K apresenta 14 comunidades, observe a Figura 4.84, a maior comunidade dessa rede possui 13 vértices. Na Tabela 4.2 temos que a modularidade para essa rede que é 0,633.

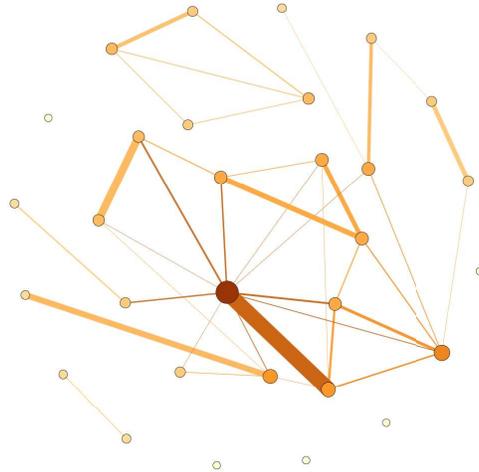


Figura 4.83: rede de coautoria do programa K - *hubs*.

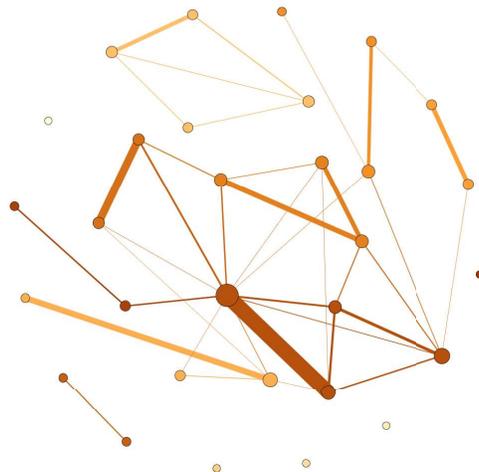


Figura 4.84: rede de coautoria do programa K - modularidade.

Nas Figuras 4.85 e 4.86 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, novamente o vértice K21 se destaca dentre dos demais, ou seja, por esse docente passam mais caminhos curtos. Considerando a centralidade de proximidade, temos alguns vértices que se destacam, dentre os docentes mais distantes dos demais da rede temos K11, K14 e K23.

Na Figura 4.87, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração. Nesta rede, o vértice K21, mas uma vez, é o que mais se destaca no *rank* de colaboração dessa rede.

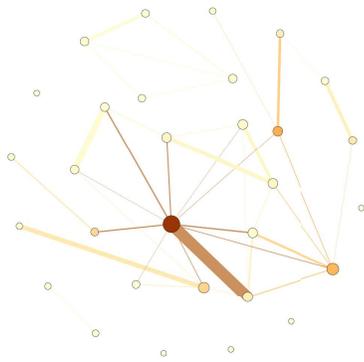


Figura 4.85: rede de coautoria do programa K - centralidade de intermediação.

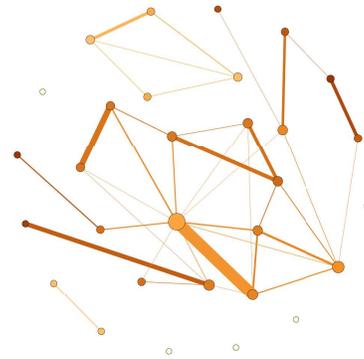


Figura 4.86: rede de coautoria do programa K - centralidade de proximidade.

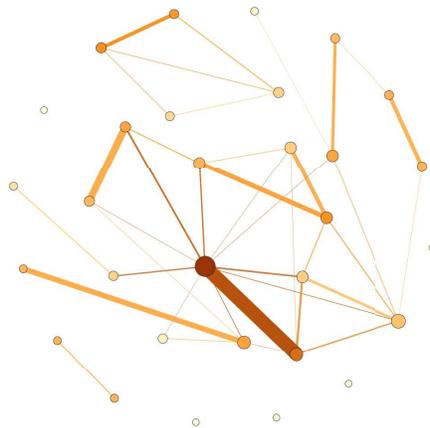


Figura 4.87: rede de coautoria do programa K - *rank* de colaboração.

4.2.12 Programa L: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional - UFJF, MG.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional da UFJF, veja Figura 4.88, também não é uma rede conectada, entretanto, quando retirados os nós isolados, que são professores que não possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq, obtemos uma rede conectada. Nesta rede, temos muitos laços fortes, ou seja, muitos pares de docentes que publicaram em coautoria. Na Figura 4.89 temos a distribuição de graus para essa rede.

Na rede do programa L há 3 componentes (ver Figura 4.90), onde a componente maior, envolve 23 vértices, correspondendo a 92% do total.

Na Figura 4.91 temos a rede destacando os *hubs*, neste caso temos dois vértices que se destacam, L8 e L14, ambos docentes permanentes do programa, mas apenas

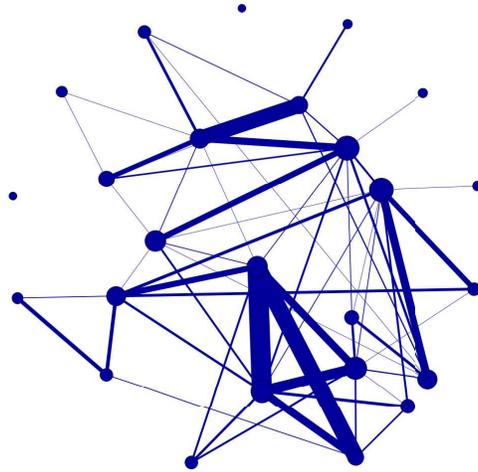


Figura 4.88: rede de coautoria do programa L.

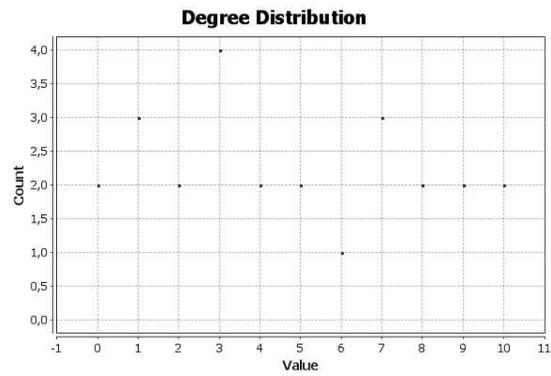


Figura 4.89: distribuição de graus do programa L.

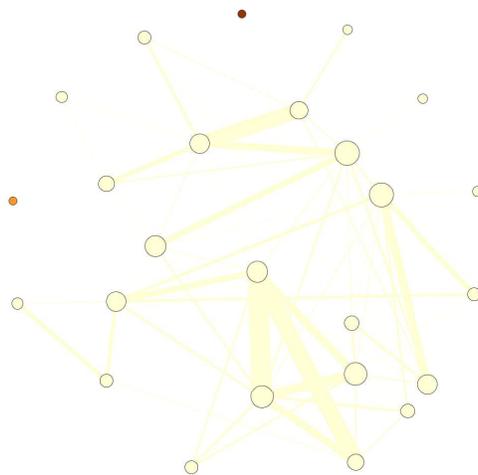


Figura 4.90: rede de coautoria do programa L - componentes.

L8 possui bolsa de produtividade em pesquisa CNPq. Em seguida, temos outros dois *hubs*, L1 e L13, também docentes permanentes do programa, e neste caso apenas L1 possui bolsa do CNPq. Na Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,575.

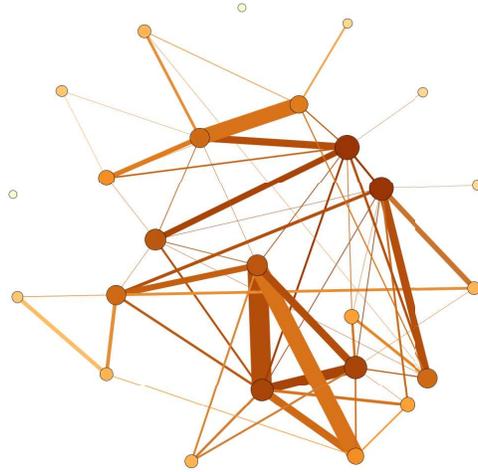


Figura 4.91: rede de coautoria do programa L - *hubs*.

A rede do programa L apresenta 5 comunidades, observe a Figura 4.92. A maior comunidade possui 9 vértices, dentre eles temos um dos *hubs* dessa rede, L14. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,465.



Figura 4.92: rede de coautoria do programa L - modularidade.

Nas Figuras 4.93 e 4.94 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, novamente os vértices L14 e L8 se destacam dos demais, ou seja, por esses docentes

passam mais caminhos curtos, que em relação aos demais. E considerando a centralidade de proximidade, temos muitos vértices que se destacam, são os vértices mais distantes da rede, geralmente estão na extremidade do grafo, dentre eles podemos se destacam os vértices L6, L19, L21 e L24.

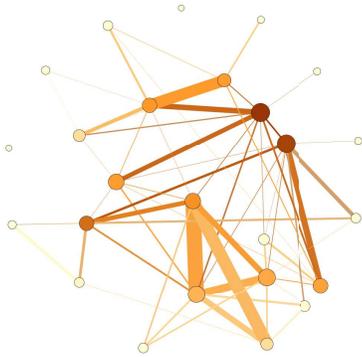


Figura 4.93: rede de coautoria do programa L - centralidade de intermediação.

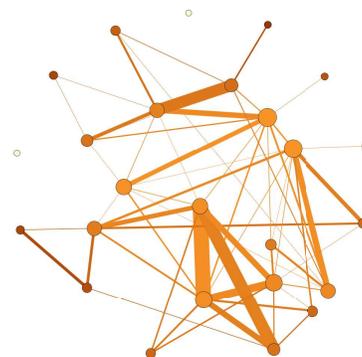


Figura 4.94: rede de coautoria do programa L - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.95, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, onde os vértices que mais se destacam são L20 e L11, ambos bolsistas em produtividade em pesquisa do CNPq, entretanto apenas L11 é membro permanente do programa. Por outro lado, considerando os *hubs* da rede, L8, L14, L1 e L13, eles aparecem nas seguintes posições no *rank* de colaboração, quinta, quarta, terceira e nona.

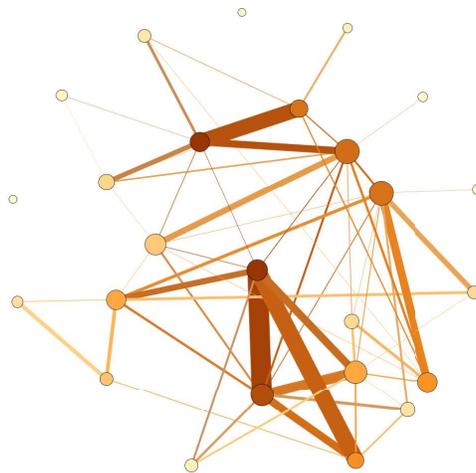


Figura 4.95: rede de coautoria do programa L - *rank* de colaboração.

4.2.13 Programa M: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional - UERJ, RJ.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional da UERJ, veja Figura 4.96, também não é uma rede conectada, entretanto, quando retirados os nós isolados, constituídos por professores que não possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq, temos uma rede conectada. Nesta rede, temos muitos laços fortes, ou seja, muitos pares de docentes que publicaram em coautoria, em particular há um laço muito forte entre os vértices M17 e M18, ambos docentes que possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Na Figura 4.97 temos a distribuição de graus para essa rede.

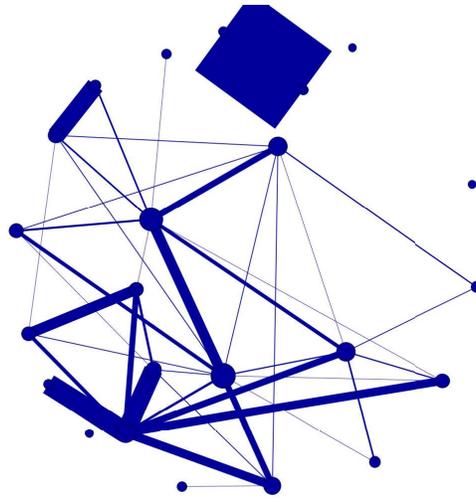


Figura 4.96: rede de coautoria do programa M.

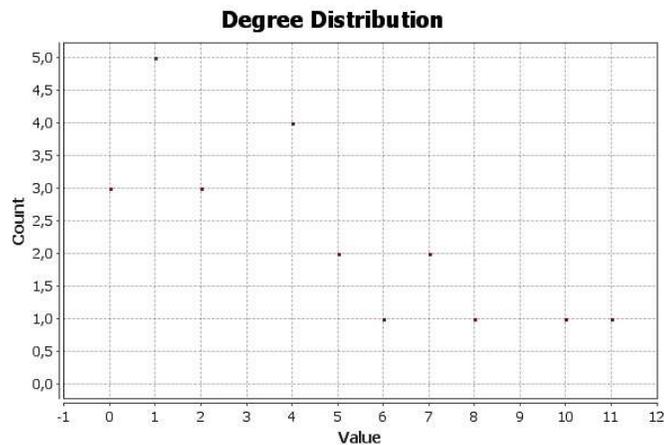


Figura 4.97: distribuição de graus do programa M.

Na rede do programa M há 5 componentes, ver Figura 4.98, há uma componente maior, que envolve 20 vértices, correspondendo a 86,96% do total.

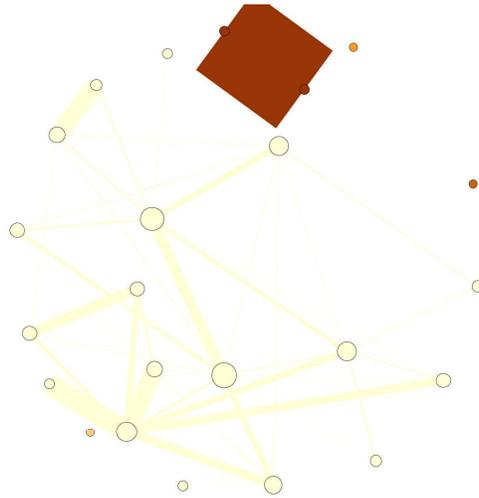


Figura 4.98: rede de coautoria do programa M - componentes.

Na Figura 4.99 temos a rede destacando os *hubs*, neste caso temos dois vértices que se destacam, M10 e M7, ambos docentes possuem bolsa de produtividade em pesquisa CNPq. Na Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,573.

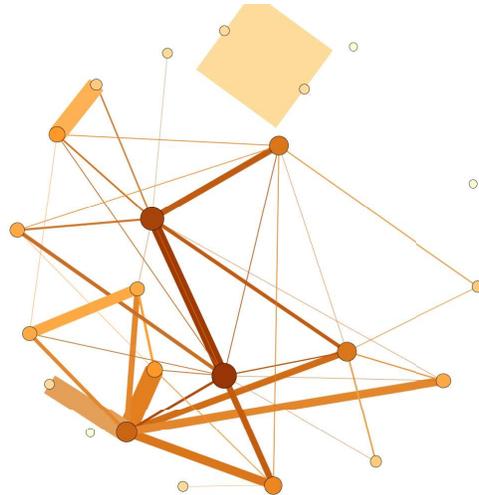


Figura 4.99: rede de coautoria do programa M - *hubs*.

A rede do programa M apresenta 7 comunidades, observe a Figura 4.100. As duas maiores comunidades possuem 8 vértices cada, note que dois *hubs* dessa rede, estão presentes na mesma comunidade. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,584.

Nas Figuras 4.101 e 4.102 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, o

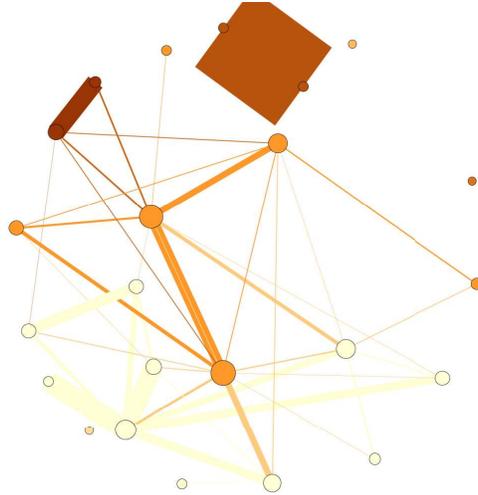


Figura 4.100: rede de coautoria do programa M - modularidade.

vértice M7 se destaca dos demais, ou seja, por esse docente passam mais caminhos curtos, que em relação aos outros. Em seguida, temos os vértices M10 e M2. Considerando a centralidade de proximidade, temos muitos vértices que se destacam, são os vértices mais distantes da rede, geralmente estão na extremidade do grafo, dentre eles temos M12 e M15.

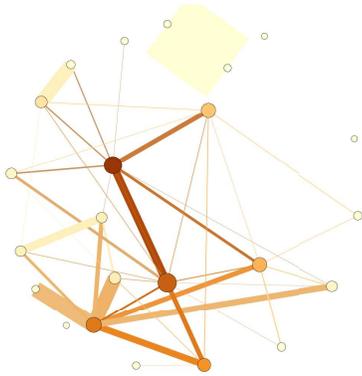


Figura 4.101: rede de coautoria do programa M - centralidade de intermediação.

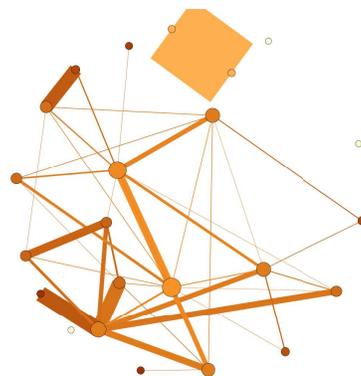


Figura 4.102: rede de coautoria do programa M - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.103, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, onde o vértice M2 é o que mais se destaca, seguido por M7 e M10.

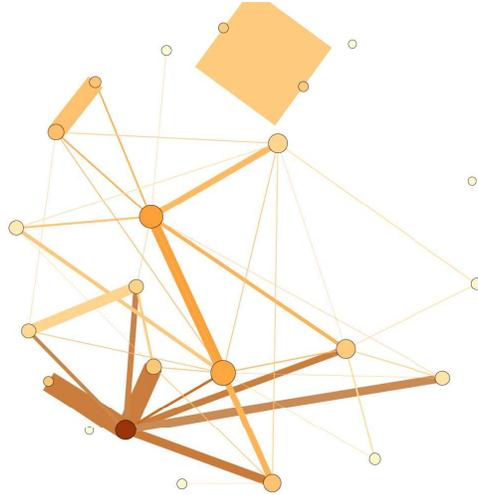


Figura 4.103: rede de coautoria do programa M - *rank* de colaboração.

4.2.14 Programa N: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional - LNCC, RJ.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional do LNCC, Figura 4.104, também não é uma rede conectada, temos três vértices isolados do grupo maior, N44, N43 e N33, e também um par de vértices, conectados entre si, isolados do grupo maior, N35 e N40, destes apenas o docente N33 possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

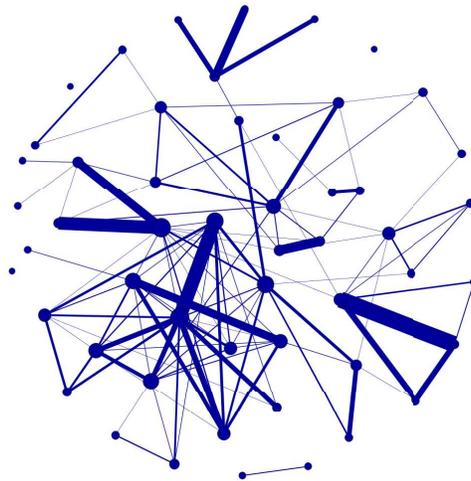


Figura 4.104: rede de coautoria do programa N.

Nesta rede, temos muitos laços fortes, ou seja, muitos pares de docentes que publicaram em coautoria, em particular, temos os seguintes pares: N1 com N27,

N47 com N2 e N3 com N31. Destes apenas, o docente N31 não possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Na Figura 4.105 temos a distribuição de graus para essa rede.

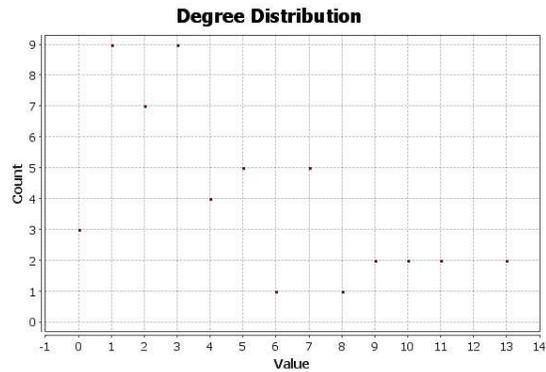


Figura 4.105: distribuição de graus do programa N.

Na rede do programa N há 5 componentes, ver Figura 4.106, há uma componente maior, que envolve 47 vértices dos 52 vértices da rede, correspondendo a 90,38% do total.

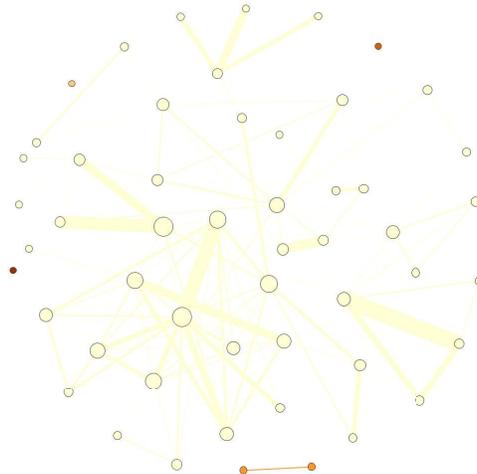


Figura 4.106: rede de coautoria do programa N - componentes.

Na Figura 4.107 temos a rede destacando os *hubs*, neste caso temos dois vértices que se destacam, N1 e N47, seguido por N22 e N27, desses docentes apenas N22 não possui bolsa de produtividade em pesquisa CNPq. Na Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,484.

A rede do programa N apresenta 11 comunidades, observe a Figura 4.108. Há duas maiores comunidades, uma com 14 vértices e 13 vértices. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,661.



Figura 4.107: rede de coautoria do programa N - *hubs*.

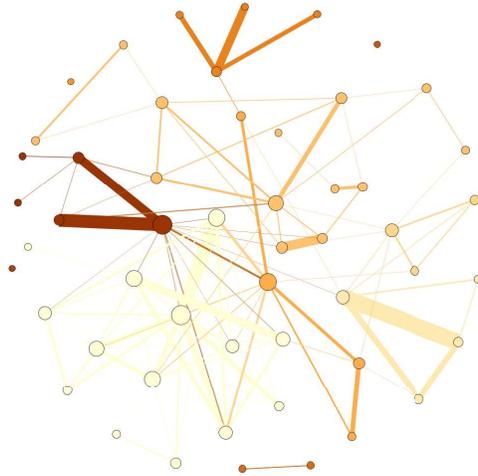


Figura 4.108: rede de coautoria do programa N - modularidade.

Nas Figuras 4.109 e 4.110 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, mais uma vez o vértice N47 se destaca dos demais, ou seja, por esse docente passam mais caminhos curtos, que em relação aos demais. Em seguida, temos os vértices N22 e N3. E considerando a centralidade de proximidade, temos muitos vértices que se destacam, que são os vértices mais distantes da rede, geralmente estão na extremidade do grafo, dentre eles temos N19.

Na Figura 4.111, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, outra vez o vértice N1, se destaca, seguido pelos vértices, N47, N3, N27 e N34. Por outro lado, o outro *hub* da rede, N22 só aparece no *rank* de colaboração na décima posição. Por outro lado, o outro *hub* da rede, N22, só aparece no *rank* de colaboração na décima

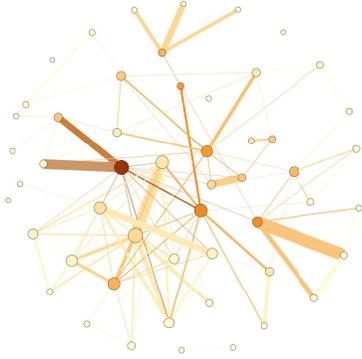


Figura 4.109: rede de coautoria do programa N - centralidade de intermediação.

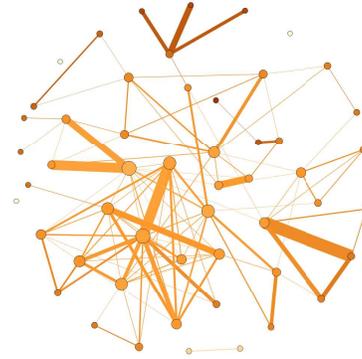


Figura 4.110: rede de coautoria do programa N - centralidade de proximidade.

posição.

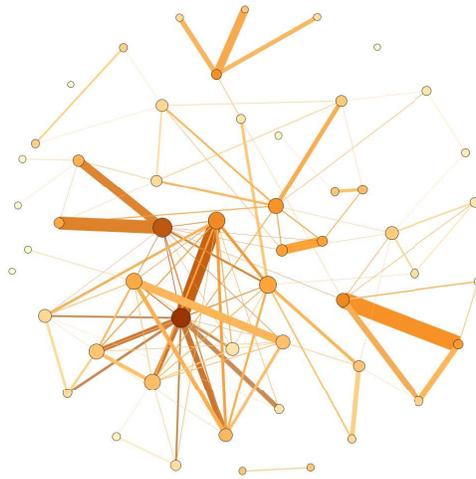


Figura 4.111: rede de coautoria do programa N - *rank* de colaboração.

4.2.15 Programa O: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional - FURG, RJ.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional da FURG, Figura 4.112, também não é uma rede conectada, embora quando retirados os vértices isolados O1 e O2, ambos docentes permanentes do programa e com bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq, obtemos uma rede conectada. Nesta rede, temos muitos laços fortes, ou seja, muitos pares de docentes que publicaram em coautoria, em particular, nota-se a presença de um trio de vértices fortemente

conectados, O5, O10 e O11. Observe, que todos esses docentes possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Na Figura 4.113 temos a distribuição de graus para essa rede.

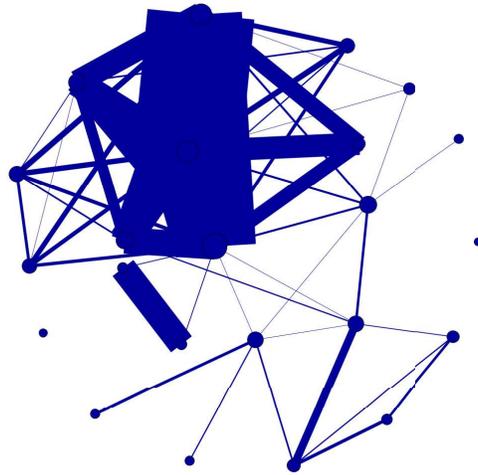


Figura 4.112: rede de coautoria do programa O.

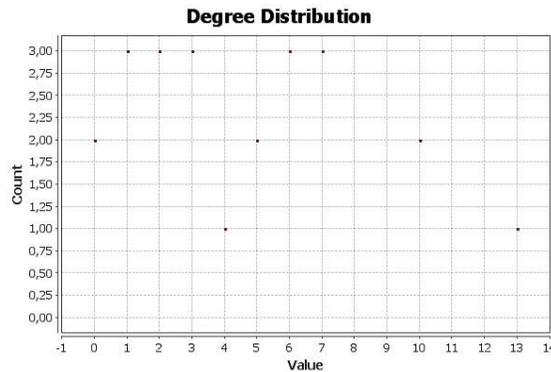


Figura 4.113: distribuição de graus do programa O.

Na rede do programa O há 3 componentes, ver Figura 4.114, a maior componente envolve 21 dos 23 vértices da rede, correspondendo a 91,3% do total.

Na Figura 4.115 temos a rede destacando os *hubs*, novamente o trio de vértices formado por O11, O5 e O10 se destacam. O coeficiente de aglomeração médio é 0,73 (veja Tabela 4.2).

A rede do programa O apresenta 5 comunidades, observe a Figura 4.116. Nota-se a presença de duas maiores comunidades, uma com 10 vértices e outra com 9. Na Tabela 4.2 apresenta-se a modularidade para essa rede que é 0,158

Nas Figuras 4.117 e 4.118 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação,

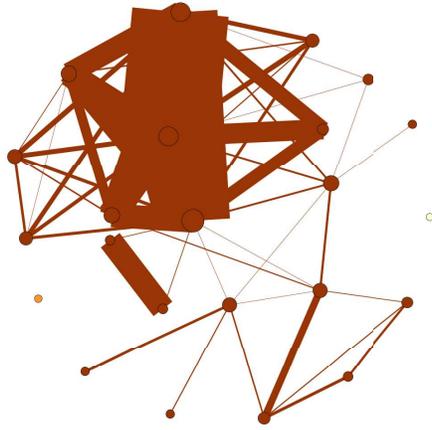


Figura 4.114: rede de coautoria do programa O - componentes.

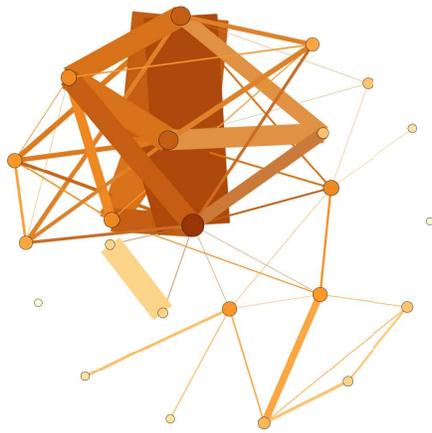


Figura 4.115: rede de coautoria do programa O - *hubs*.

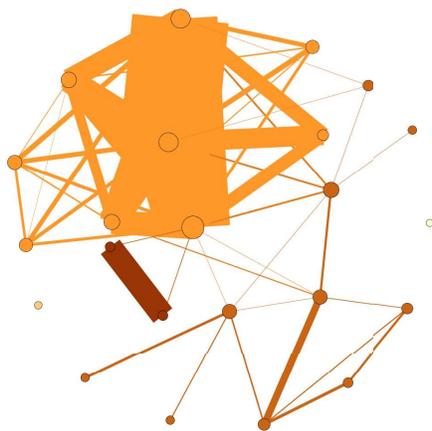


Figura 4.116: rede de coautoria do programa O - modularidade.

mais uma vez o vértice O11 se destaca dos demais, ou seja, por esse docente passam mais caminhos curtos, que em relação aos demais. Em seguida, temos os vértices O17, O4 e O9, desses vértices, apenas O17 possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. E considerando a centralidade de proximidade, temos um grupo de vértices que se destacam, no gráfico são os vértices mais distantes da rede e com uma tonalidade mais escura.

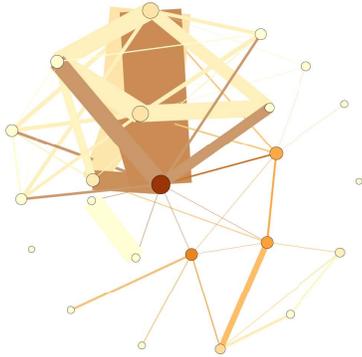


Figura 4.117: rede de coautoria do programa O - centralidade de intermediação.

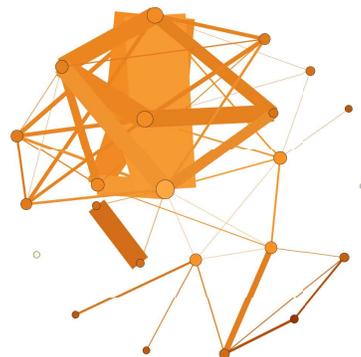


Figura 4.118: rede de coautoria do programa O - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.119, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, novamente os vértices O10, O5 e o11 se destacam nas primeira colocações.

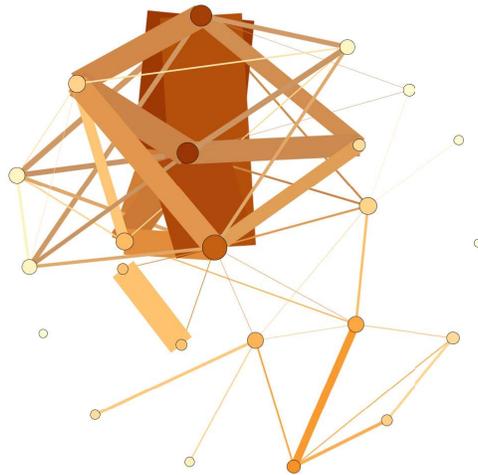


Figura 4.119: rede de coautoria do programa O - *rank* de colaboração.

4.2.16 Programa P: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento - UFAL, AL.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento da UFAL, Figura 4.120, também não é uma rede conectada, embora quando retirados os vértices isolados, P26, P20, P15 e P1, docentes que não possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq, resultando em uma rede conectada.

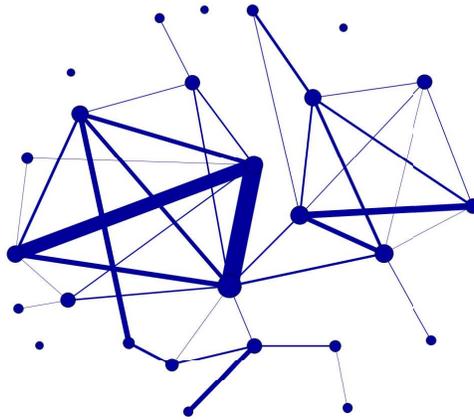


Figura 4.120: rede de coautoria do programa P.

Nesta rede, temos muitos laços fortes, ou seja, muitos pares de docentes que publicaram em coautoria, em particular, nota-se a presença da tríade de vértices fortemente conectados dois a dois, ou seja, P18 com P9 e P18 com P1, onde apenas o docente P1 não possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Na Figura 4.121 temos a distribuição de graus para essa rede.

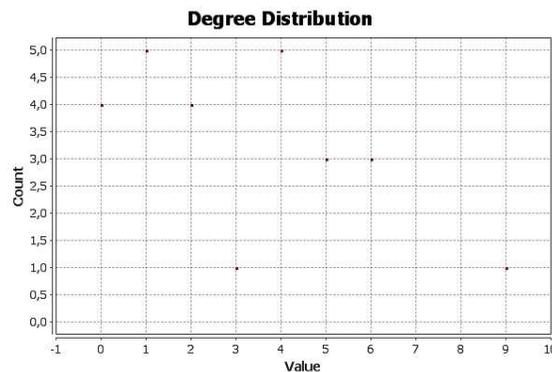


Figura 4.121: distribuição de graus do programa P.

Na rede do programa P há 5 componentes, ver Figura 4.122, a maior componente envolve 21 dos 23 vértices da rede, correspondendo a 84,62% do total.

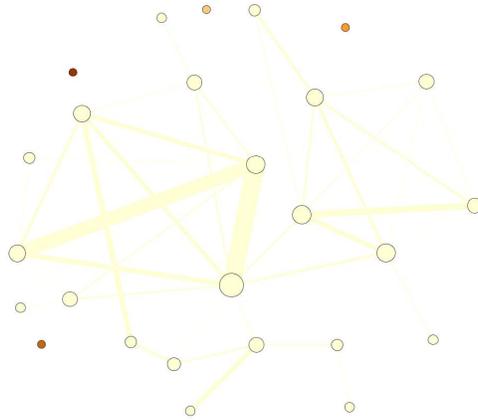


Figura 4.122: rede de coautoria do programa P - componentes.

Na Figura 4.123 temos a rede destacando os *hubs*, novamente o vértice P2 se destaca, seguido por P2, P8 e P18, destes vértices, apenas o docente P8 não possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Na Tabela 4.2 apresenta-se o coeficiente de aglomeração médio 0,534.

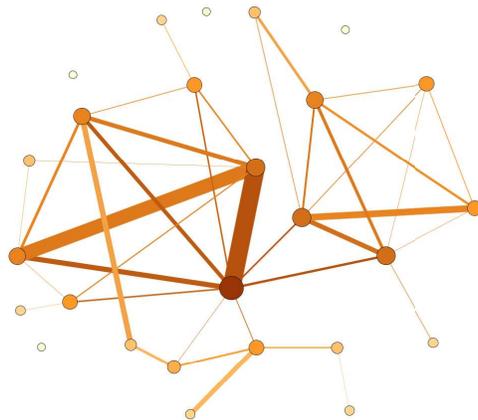


Figura 4.123: rede de coautoria do programa P - *hubs*.

A rede do programa P apresenta 7 comunidades, observe a Figura 4.124, onde a maior comunidade tem 9 dos 26 vértices. Na Tabela 4.2 fornece a modularidade para essa rede que é 0,458.

Nas Figuras 4.125 e 4.126 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação,

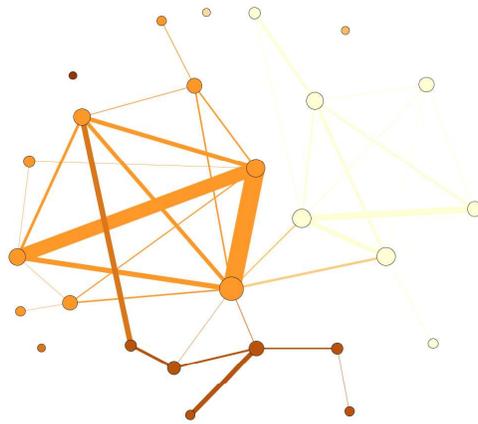


Figura 4.124: rede de coautoria do programa P - modularidade.

mais uma vez o vértice P9 se destaca dos demais, ou seja, por esse docente passam mais caminhos curtos. Considerando a centralidade de proximidade, temos o vértice P14 que mais se destaca.

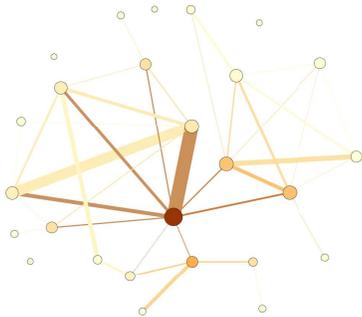


Figura 4.125: rede de coautoria do programa P - centralidade de intermediação.

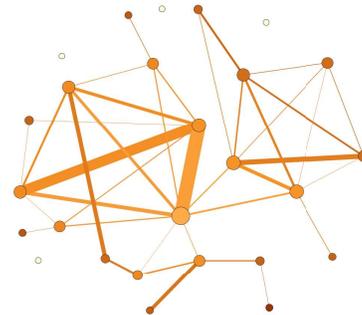


Figura 4.126: rede de coautoria do programa P - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.127, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, novamente o par com laços fortes P18 e P9, se destacam nas primeiras posições. Por outro lado, os outros *hubs* da rede, P2 e P8, aparecem no *rank* de colaboração na terceira e sexta posição, respectivamente.

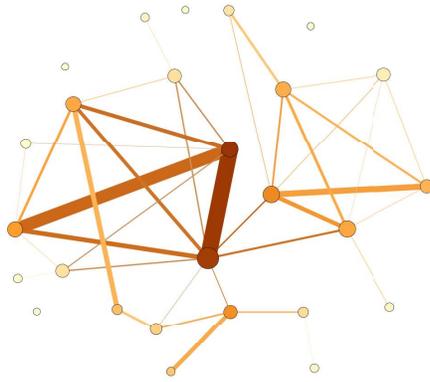


Figura 4.127: rede de coautoria do programa P - *rank* de colaboração.

4.2.17 Programa Q: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial - CIMATEC, BA.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial - CIMATEC da BA, Figura 4.128, também não é uma rede conectada, embora quando retirados os vértices isolados, Q19, Q14 e Q8, obtemos uma rede conectada. Dentre esses docentes, apenas Q8 não possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

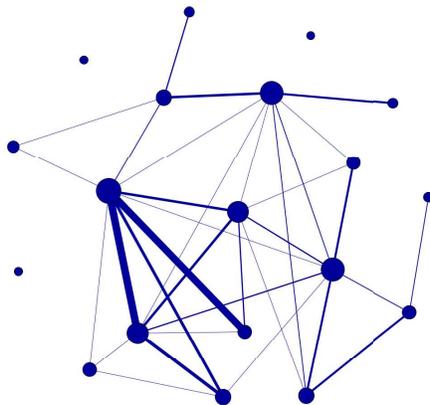


Figura 4.128: rede de coautoria do programa Q.

Nesta rede, temos muitos laços fortes, ou seja, muitos pares de docentes que publicaram em coautoria, em particular, nota-se a presença da tríade de vértices fortemente conectados dois a dois, ou seja, Q13 com Q7 e Q13 com Q6. Observe, que apenas o docente Q7 não possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

Na Figura 4.129 temos a distribuição de graus para essa rede.

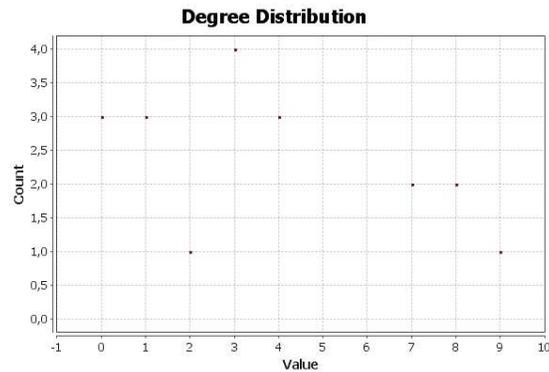


Figura 4.129: distribuição de graus do programa Q.

Na rede do programa Q há 4 componentes, ver Figura 4.130, a maior componente envolve 16 dos 19 vértices da rede, correspondendo a 84,21% do total.

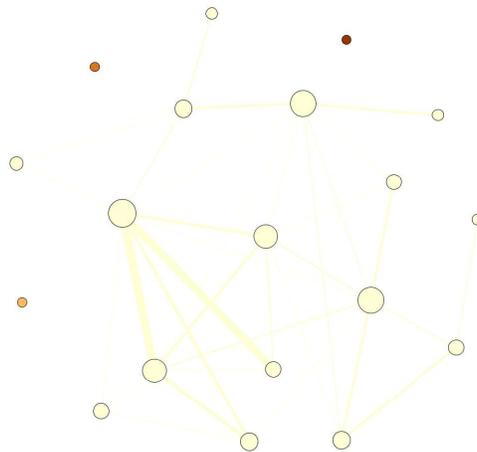


Figura 4.130: rede de coautoria do programa Q - componentes.

Na Figura 4.131 temos a rede destacando os *hubs*, novamente o vértice Q13 se destaca, seguido por Q1, Q15, Q7 e Q18, destes vértices, apenas os docentes Q7 e Q18 não possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. A Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,658.

A Rede do Programa Q apresenta 6 comunidades, observe a Figura 4.132, onde a maior comunidade tem 6 dos 19 vértices, e encontramos outras duas comunidade com 5 vértices cada. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,372.

Nas Figuras 4.133 e 4.134 apresentamos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, mais uma vez os *hubs* da rede, Q13, Q1 e Q15 se destacam dos demais,

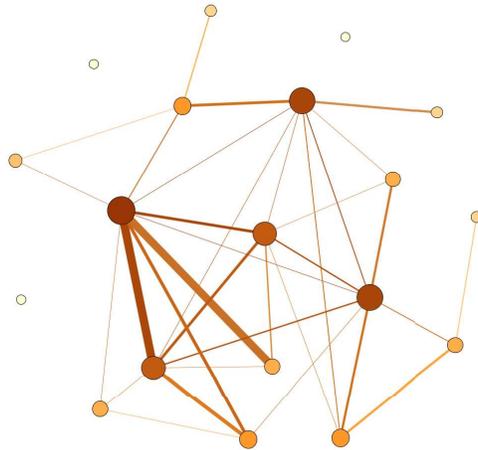


Figura 4.131: rede de coautoria do programa Q - *hubs*.

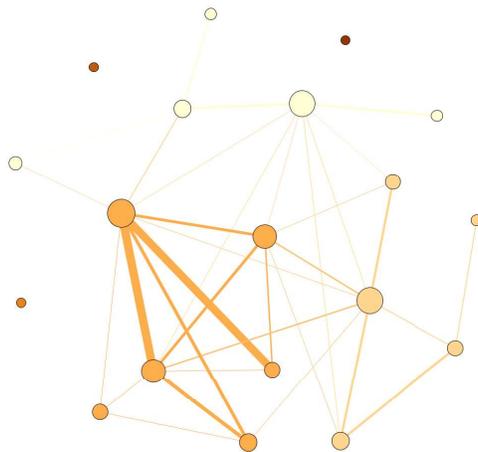


Figura 4.132: rede de coautoria do programa Q - modularidade.

ou seja, por esses docentes passam mais caminhos curtos, onde temos que esses três vértices pertencem a comunidades diferentes. Considerando a centralidade de proximidade, temos os vértices Q9, Q2 e Q11.

Na Figura 4.135, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, novamente o par com laços fortes Q13 e Q7, se destacam nas primeiras posições. Por outro lado, os outros *hubs* da rede, Q1, Q15 e Q8, aparecem no *rank* de colaboração na terceira, quarta e oitava posição, respectivamente.

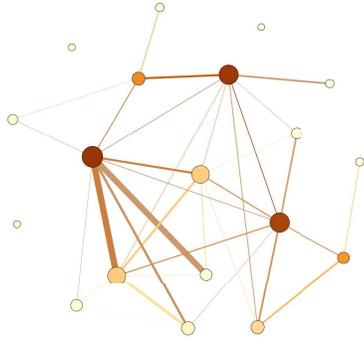


Figura 4.133: rede de coautoria do programa Q - centralidade de intermediação.

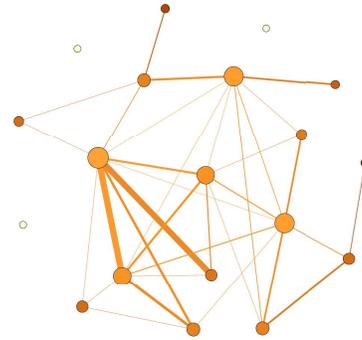


Figura 4.134: rede de coautoria do programa Q - centralidade de proximidade.

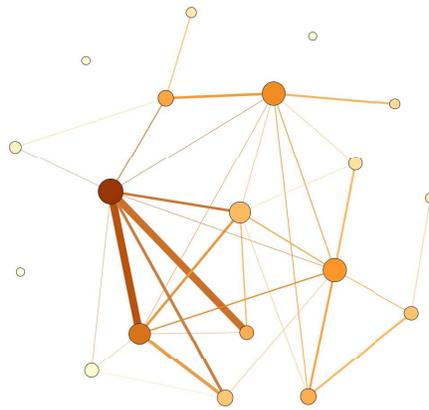


Figura 4.135: rede de coautoria do programa Q - *rank* de colaboração.

4.2.18 Programa R: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia - UFF, RJ.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia da UFF, Figura 4.136, também não é uma rede conectada, e mesmo retirando os vértices isolados, continuamos com uma rede não conectada. Nesta rede, temos um laço forte, ou seja, um par de docentes que publicaram muito juntos, representados pelos vértices R15 e R24, ambos docentes permanentes do programa, entretanto só R15 possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. O outro é bolsista do programa é o docente representado por R13. Na Figura 4.137 temos a distribuição de graus para essa rede.

Na rede do programa R há 16 componentes, ver Figura 4.138, a maior componente envolve 9 dos 27 vértices da rede, correspondendo a 33,33% do total.

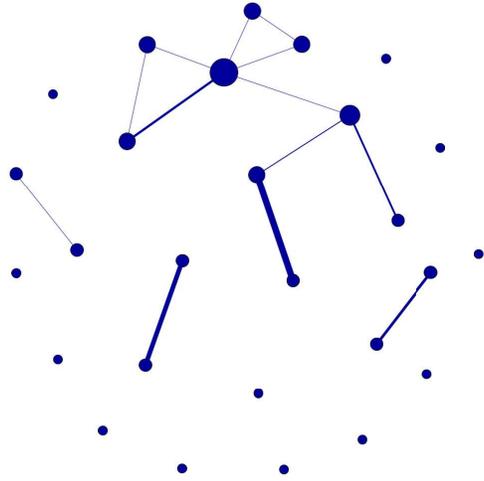


Figura 4.136: rede de coautoria do programa R.

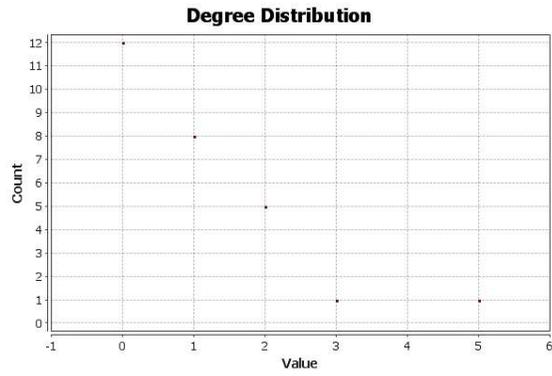


Figura 4.137: distribuição de graus do programa R.

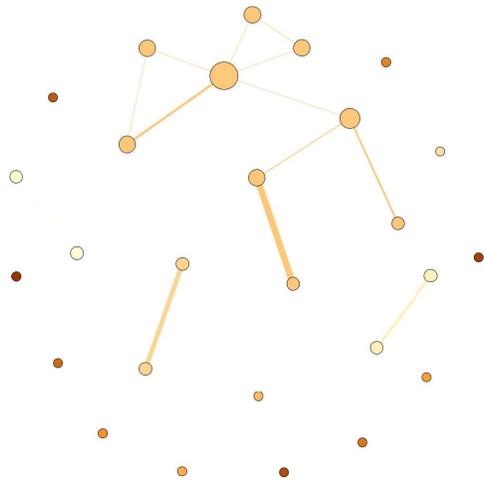


Figura 4.138: rede de coautoria do programa R - componentes.

Na Figura 4.139 temos a rede destacando seus *hubs*. Nesta rede, o vértice R9 se destaca, seguido por R20, mas nenhum desses docentes possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. A Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,6.

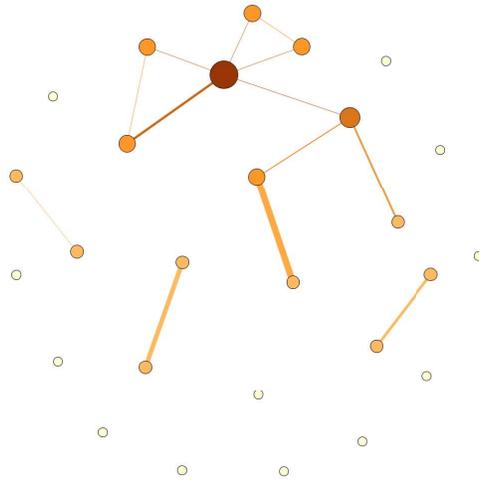


Figura 4.139: rede de coautoria do programa R - *hubs*.

A Rede do Programa R apresenta 18 comunidades, observe a Figura 4.140, onde a maior comunidade tem 5 dos 27 vértices. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,719.

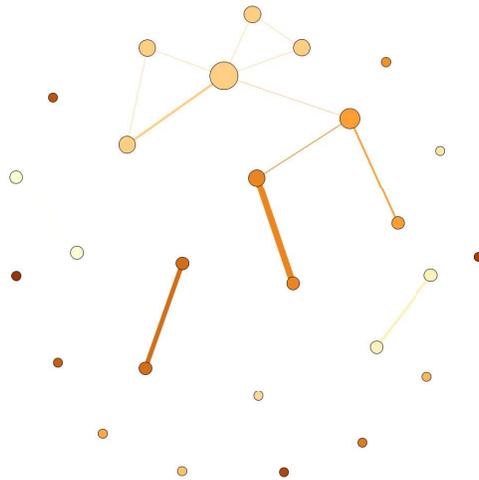


Figura 4.140: rede de coautoria do programa R - modularidade.

Na Figuras 4.141 e na Figura 4.142 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, mais uma vez os *hubs* da rede, R9 e R20 se destacam dentre os demais, ou

seja, por esses docentes passam mais caminhos curtos. Considerando a centralidade de proximidade, temos o vértice R24.

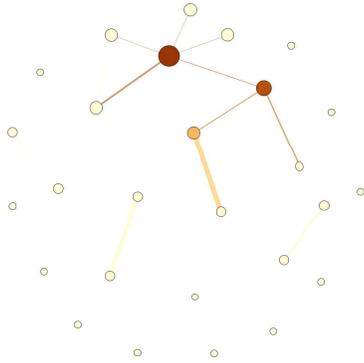


Figura 4.141: rede de coautoria do programa R - centralidade de intermediação.

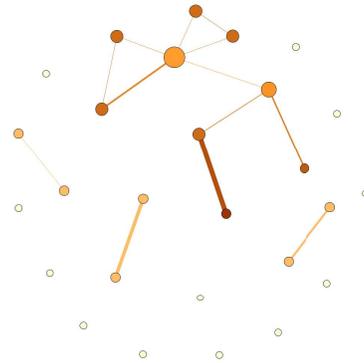


Figura 4.142: rede de coautoria do programa R - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.143, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, novamente o vértice R9 se destaca na primeira posição. Seguido por R15, R27, R24 e R20.

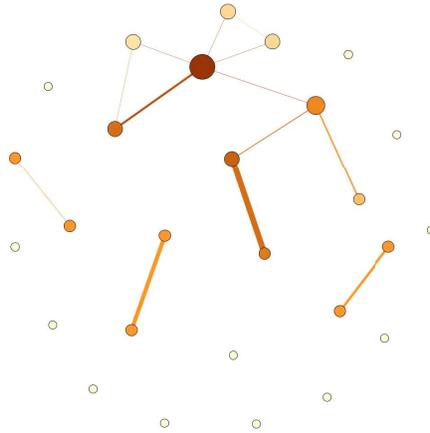


Figura 4.143: rede de coautoria do programa R - *rank* de colaboração.

4.2.19 Programa S: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem de Sistemas Complexos - USP, SP.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Modelagem de Sistemas Complexos da USP, Figura 4.144, também não é uma rede conectada, e quando retiramos os vértices isolados, obtém-se em uma rede conectada. Na Figura 4.145 temos a distribuição de graus para essa rede.

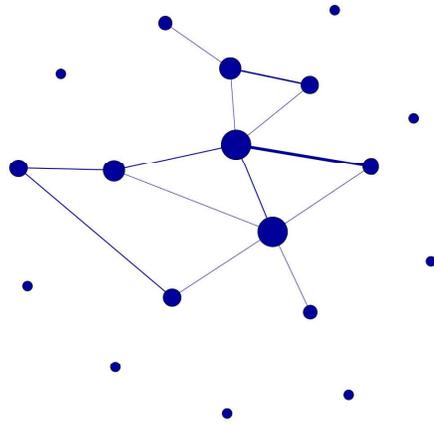


Figura 4.144: rede de coautoria do programa S.

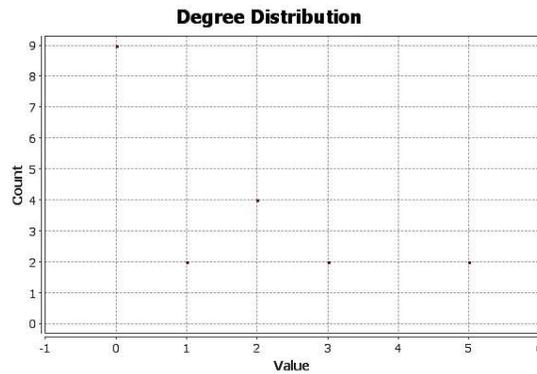


Figura 4.145: distribuição de graus do programa S.

Na rede do programa S há 10 componentes, ver Figura 4.146, a maior componente envolve 10 dos 19 vértices da rede, correspondendo a 52,63% do total.

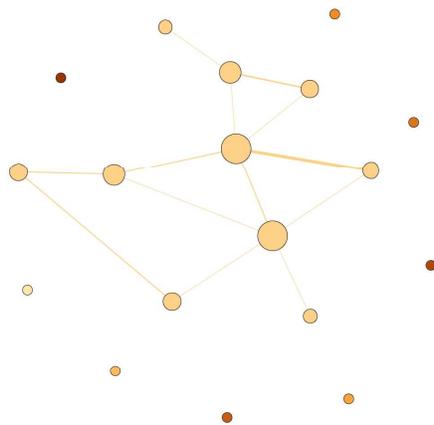


Figura 4.146: rede de Coautoria do programa S - componentes.

A Rede do Programa S apresenta 12 comunidades, observe a Figura 4.147, onde

a maior comunidade tem 4 dos 19 vértices. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,351.

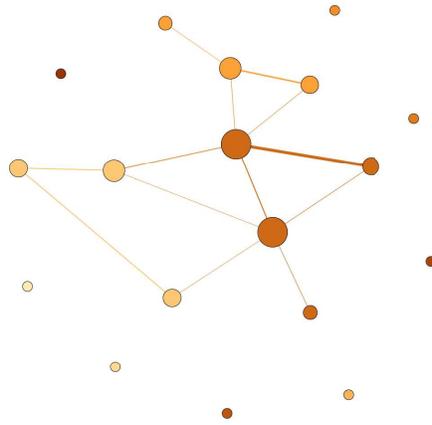


Figura 4.147: rede de coautoria do programa S - modularidade.

Nas Figuras 4.148 e 4.149 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, mais uma vez os *hubs* da rede, S14 e S8 se destacam dentre os demais, ou seja, por esses docentes passam mais caminhos curtos. Na terceira posição, temos S9. Considerando a centralidade de proximidade, temos muitos vértices que se destacam, em particular temos S19, na primeira posição.

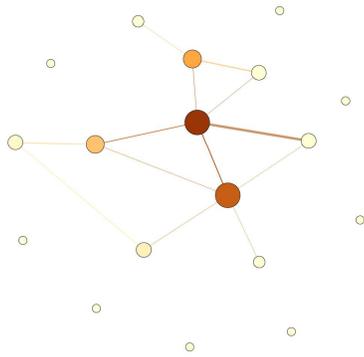


Figura 4.148: rede de coautoria do programa S - centralidade de intermediação.

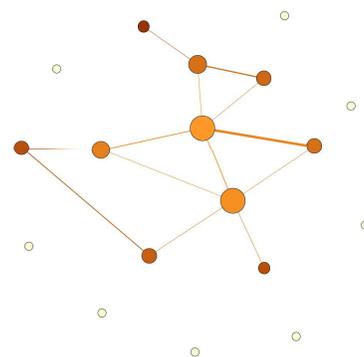


Figura 4.149: rede de coautoria do programa S - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.150, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, novamente o vértice S14 se destaca na primeira posição. Seguido por S12, S4 e S8, docentes permanentes do programa, entretanto nenhum deles possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Neste programa, apenas os docentes S10 e S17 são bolsistas.

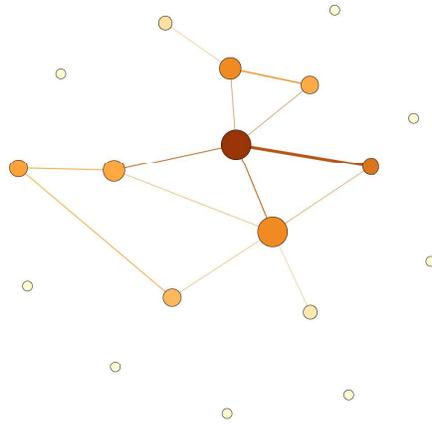


Figura 4.150: rede de coautoria do programa S - *rank* de colaboração.

4.2.20 Programa T: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências das Terra e do Ambiente - UEFS, BA.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação Modelagem em Ciências das Terra e do Ambiente da UEFS (ver Figura 4.151) também não é uma rede conectada, embora quando retirados o vértices isolados, obtém-se uma rede conectada. Nesta rede, temos muitos laços fortes, ou seja, muitos pares de docentes que publicaram em coautoria, em particular, temos os laços formados pelos seguintes vértices: T28 com T18 e T18 com T16. Destes apenas, o docente T16 possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Na Figura 4.152 temos a distribuição de graus para essa rede.

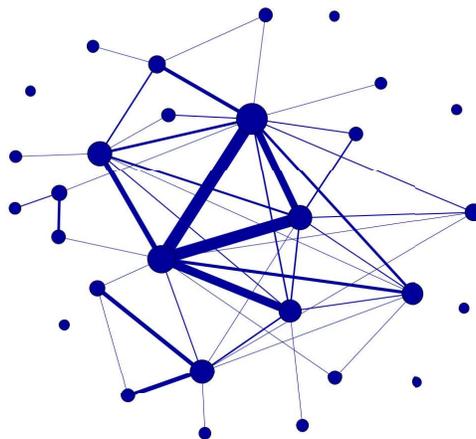


Figura 4.151: rede de coautoria do programa T.

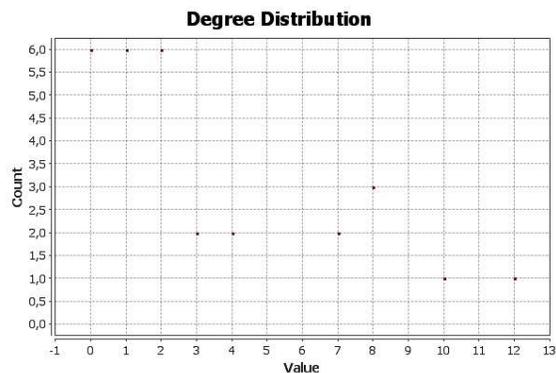


Figura 4.152: distribuição de graus do programa T.

Na rede do programa T há 7 componentes, ver Figura 4.153, a maior componente, envolve 23 dos 29 vértices da rede, correspondendo a 79,31% do total.

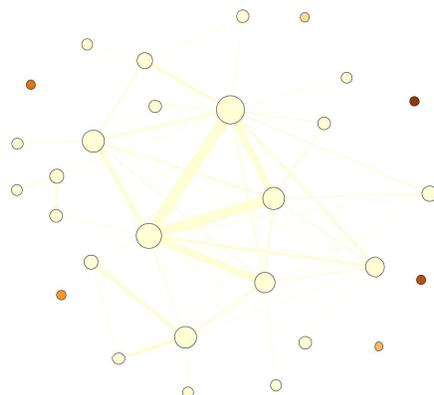


Figura 4.153: rede de coautoria do programa T - componentes.

Na Figura 4.154 temos a rede destacando os *hubs*, novamente os vértices que T18 e T28, que formam entre si o laço forte, se destacam, seguidos pelos vértices T2, T16 e T24. A Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,597.

A rede do programa T apresenta 9 comunidades, observe a Figura 4.155. A maior comunidade tem 13 dos 23 vértices. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,23.

Nas Figuras 4.156 e Figura 4.157 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, o par de vértices T18 e T28 se destacam dos demais, ou seja, por esses docentes passam mais caminhos curtos. Considerando a centralidade de proximidade, temos muitos vértices que se destacam, geralmente estão na extremidade do grafo, dentre eles temos T1 e T15.

Na Figura 4.158, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, outra vez os

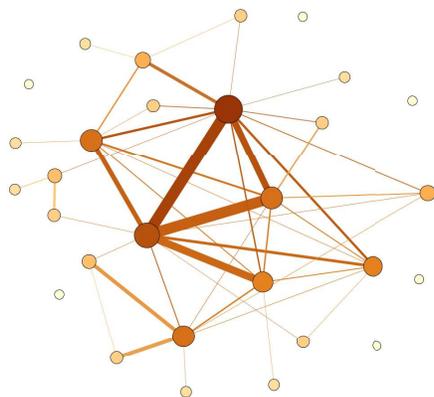


Figura 4.154: rede de coautoria do programa T - *hubs*.

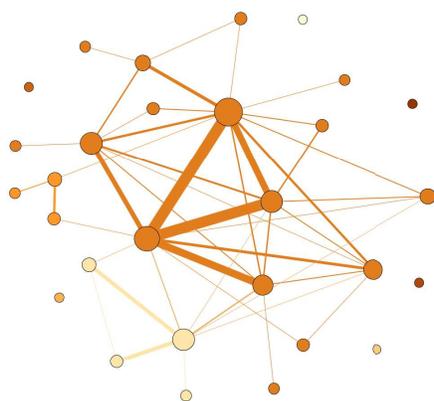


Figura 4.155: rede de coautoria do programa T - modularidade.

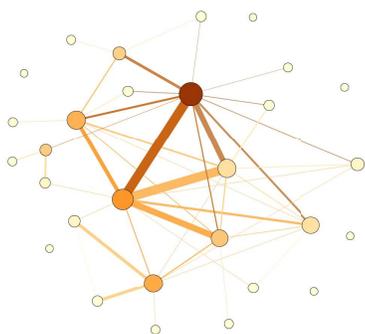


Figura 4.156: rede de coautoria do programa T - centralidade de intermediação.

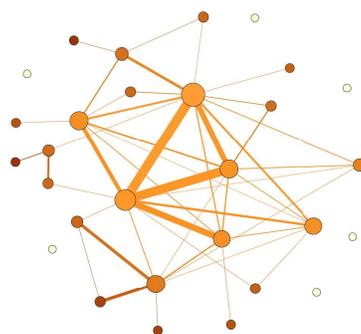


Figura 4.157: rede de coautoria do programa T - centralidade de proximidade.

vértices T28 e T18 se destacam, seguido pelo vértice T16.

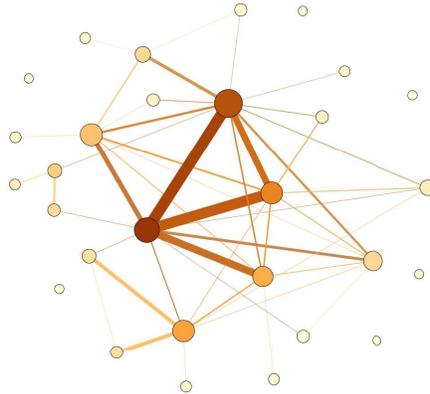


Figura 4.158: rede de coautoria do programa T - rank de colaboração.

4.2.21 Programa U: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática - UNIJUÍ, RS.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática - UNIJUÍ da UNIJUÍ, Figura 4.159, é uma rede conectada, a menos dos vértices isolados, U5 e U16, onde apenas U5 possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

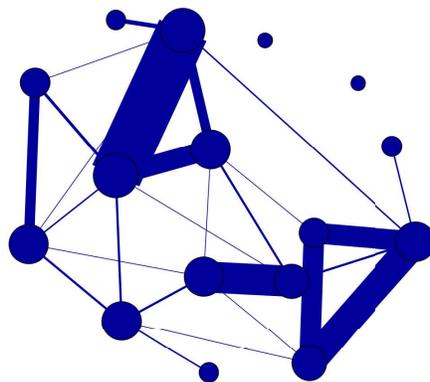


Figura 4.159: rede de coautoria do programa U.

Nesta rede, encontramos muitos laços fortes, se destacando temos os laços formados pelos seguintes vértices: U1 com U12 e U8 com U3, além do trio de vértices fortemente conectados entre si: U14, U6 e U15. Destes nós, apenas os docentes

representados pelos vértices U3 e U12 possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Na Figura 4.160 temos a distribuição de graus para essa rede.

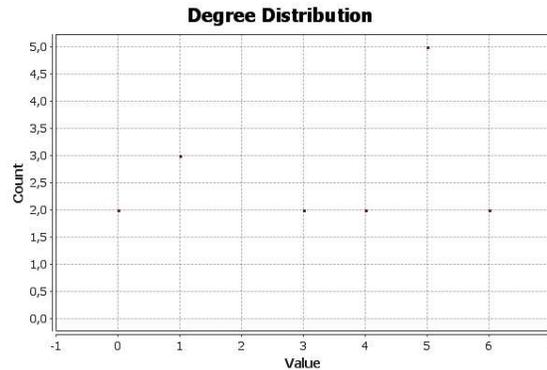


Figura 4.160: distribuição de graus do programa U.

A rede do programa U tem 3 componentes, ver Figura 4.161, a maior componente, envolve 14 dos 16 vértices da rede, correspondendo a 87,5% do total.

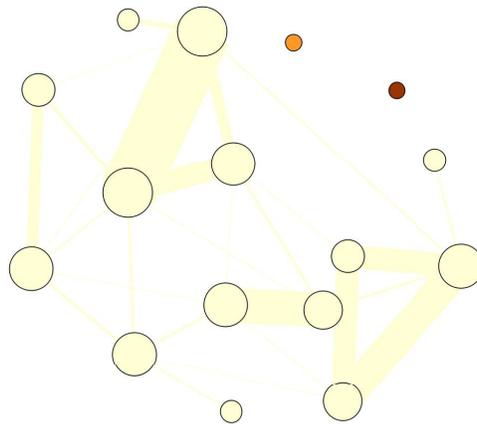


Figura 4.161: rede de coautoria do programa U - componentes.

Na Figura 4.162 temos a rede destacando os *hubs*. Os vértices que U1 e U12 se destacam, seguidos pelos vértices U3, U7, U9, U10 e U14. Na Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,379.

A rede do programa U apresenta 6 comunidades, observe a Figura 4.163. A maior comunidade tem 5 dos 16 vértices. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,589.

Nas Figuras 4.164 e 4.165 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, o vértice U12 se destaca dos demais, ou seja, por esse docente passam mais caminhos

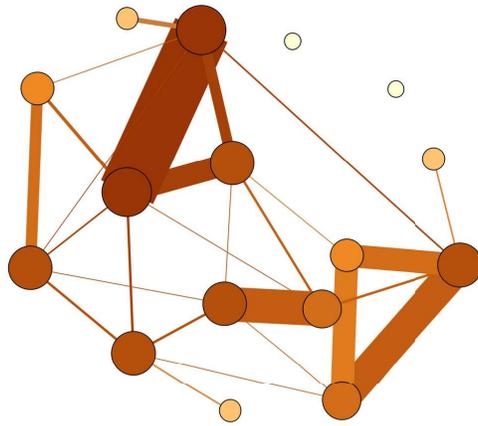


Figura 4.162: rede de coautoria do programa U - *hubs*.

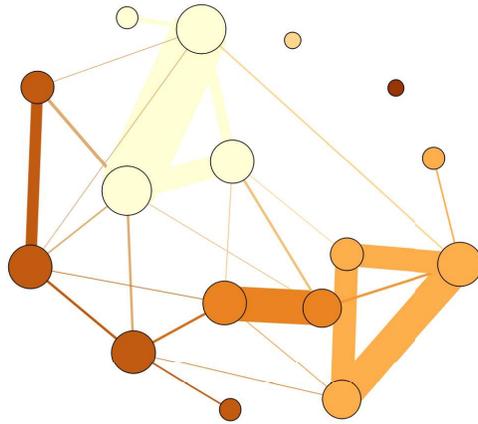


Figura 4.163: rede de coautoria do programa U - modularidade.

curtos. Em seguida temos também os vértices U14 e U7, em segundo e terceiro lugar, em relação a essa métrica. Considerando a centralidade de proximidade, temos os vértices que se destacam U4, U13 e U2.

Na Figura 4.166, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, temos outra vez os vértices com os fortes laços entre si, U1 com U12, ocupando as primeiras posições, e em seguida, os seguintes vértices: U12, U6, U8 e U3.

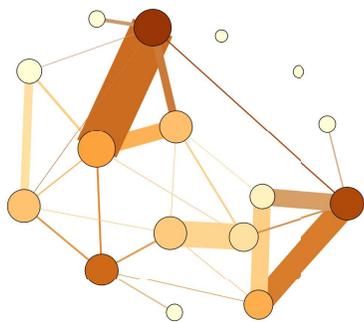


Figura 4.164: rede de coautoria do programa U - centralidade de intermediação.

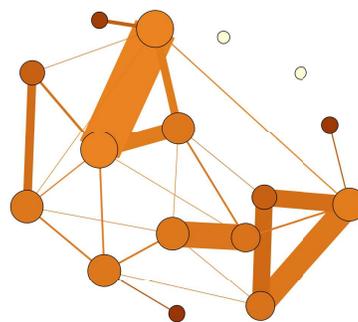


Figura 4.165: rede de coautoria do programa U - centralidade de proximidade.

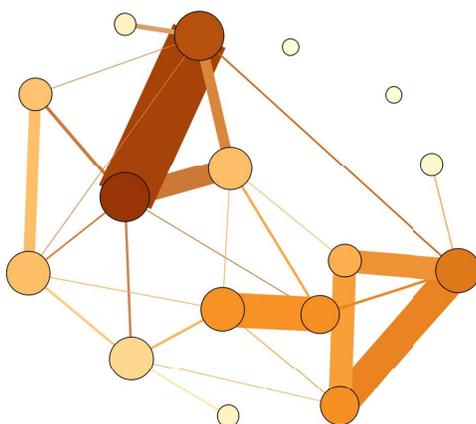


Figura 4.166: rede de coautoria do programa U - *rank* de colaboração.

4.2.22 Programa V: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional - CEFET, MG.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional do CEFET, MG, Figura 4.167, também não é uma rede conectada, embora quando retirados o vértices isolados, V24, V21, V15 e V6, temos uma rede conectada. Diferentemente do que ocorria nas redes anteriores, todos docentes representados por esses vértices, são membros permanentes do programa e dois deles, V6 e V24, possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Nesta rede, encontramos muitos laços fortes, destaca-se três desses laços, que são formados pelos vértices: V20 com V16, V12 com V9 e V19 com V12. Destes nós, apenas os docentes V16 e V9 possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Na Figura 4.168

temos a distribuição de graus para essa rede.

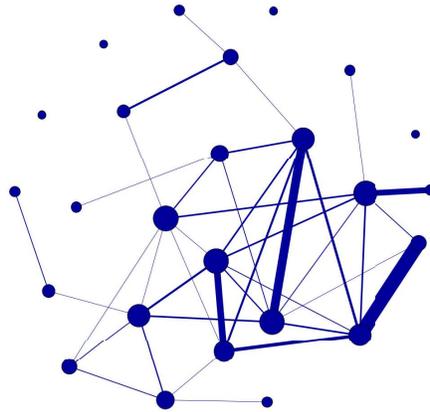


Figura 4.167: rede de coautoria do programa V.

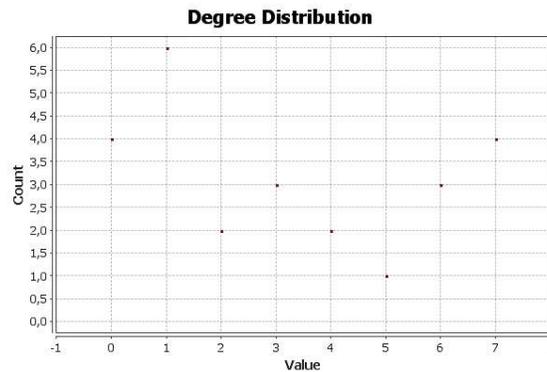


Figura 4.168: distribuição de graus do programa V.

Na rede do programa V tem 5 componentes, ver Figura 4.169, a maior componente, envolve 21 dos 25 vértices dessa rede, correspondendo a 84% do total.

Na Figura 4.170 temos a rede destacando os *hubs*, observe que podemos encontrar muitos hubs na rede, dentre os que se destacam, temos: V7, V17, V18, V19, seguidos pelos vértices: V8, V12 e V20. A Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,34.

A rede do programa V apresenta 10 comunidades, observe a Figura 4.171. A maior comunidade tem 6 dos 25 vértices. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é de 0,435.

Nas Figuras 4.172 e 4.173 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, os vértices V8, V18 e V7. Considerando a centralidade de proximidade, assim como na métrica anterior, temos muitos vértices que se destacam, dentre eles: V25, V10 e V23. Logo, esses vértices são os mais distantes dos demais na rede.

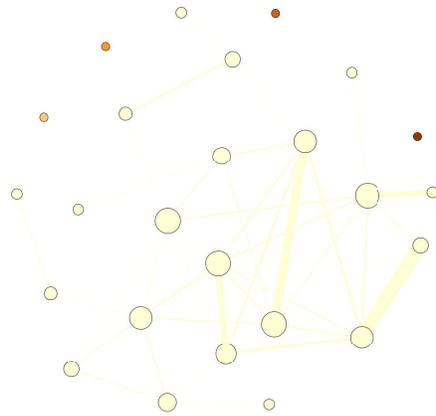


Figura 4.169: rede de coautoria do programa V - componentes.



Figura 4.170: rede de coautoria do programa V - *hubs*.

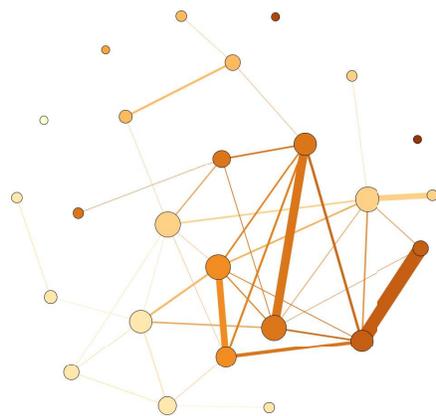


Figura 4.171: rede de coautoria do programa V - modularidade.

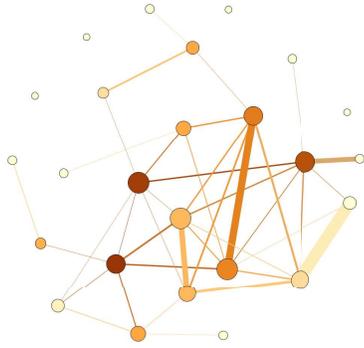


Figura 4.172: rede de coautoria do programa V - centralidade de intermediação.

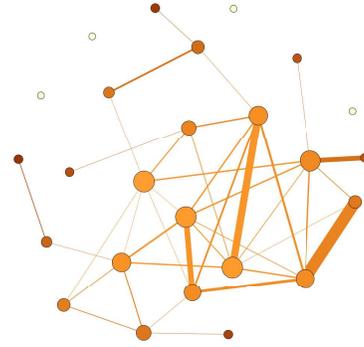


Figura 4.173: rede de coautoria do programa V - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.174, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, temos outra vez os vértices V20, V12, V17, V7 e V19, ocupando as primeiras posições. Por outro lado, o outro *hub* da rede, V18, só aparece no *rank* de colaboração na oitava posição.

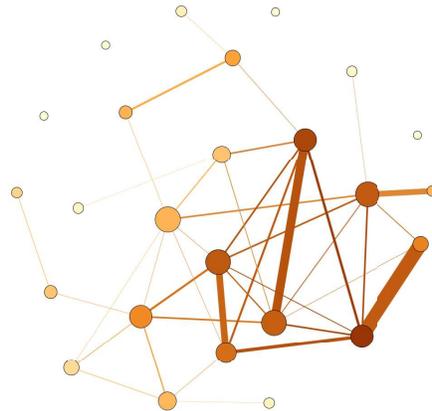


Figura 4.174: rede de coautoria do programa V - *rank* de colaboração.

4.2.23 Programa W: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional - UFPB, PB.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional da UFPB, Figura 4.175, também não é uma rede conectada. Nesta rede, encontramos um laço forte, formado pelos vértices W1 e W4. Ambos membros permanentes do programa que possuem bolsa de produtividade em pesquisa do

CNPq. Na Figura 4.176 temos a distribuição de graus para essa rede.

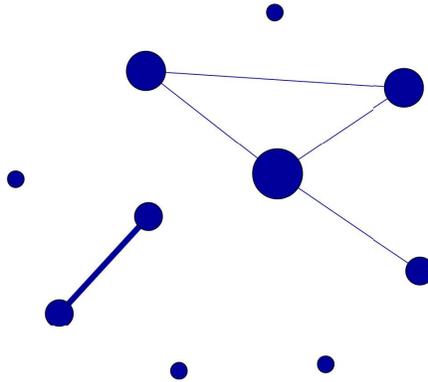


Figura 4.175: rede de coautoria do programa W.

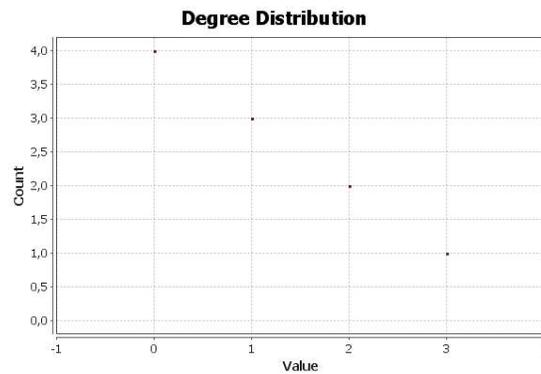


Figura 4.176: distribuição de graus do programa W.

Na rede do programa W há 6 componentes, ver Figura 4.177, a maior componente, envolve 4 dos 10 vértices da rede, correspondendo a 40% do total.

Na Figura 4.178 temos a rede destacando os *hubs*, nesta rede temos o vértice W8 que se destacam, seguidos pelos vértices W2 e W5, embora esses docentes sejam membros permanentes do programa, nenhum possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq . Na Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,778.

A Rede do Programa W apresenta 6 comunidades, observe a Figura 4.155, nota-se que a maior comunidade também é a maior componente, e que os *hubs* da rede estão presentes nessa comunidade. A Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,463.

Nas Figuras 4.180 e 4.181 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, o

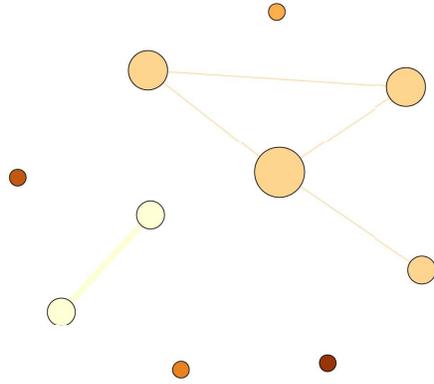


Figura 4.177: rede de Coautoria do programa W - componentes.

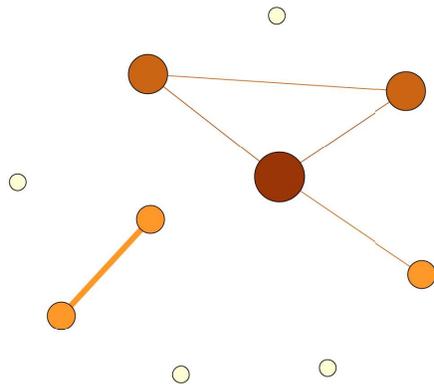


Figura 4.178: rede de coautoria do programa W - hubs.

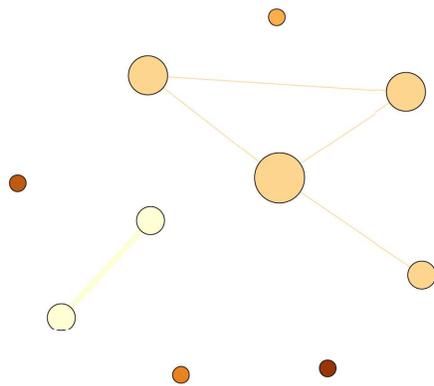


Figura 4.179: rede de coautoria do programa W - modularidade.

apenas vértice W8 se destaca dos demais. Considerando a centralidade de proximidade, temos o vértice W3 que se destaca entre os demais.

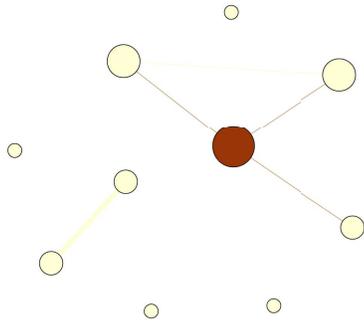


Figura 4.180: rede de coautoria do programa W - centralidade de intermediação.

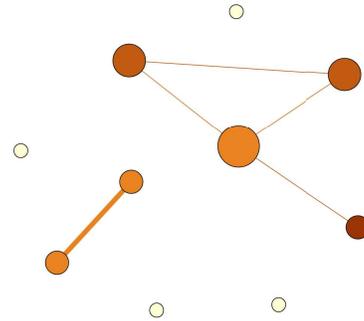


Figura 4.181: rede de coautoria do programa W - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.182, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, outra vez o vértice W8 se destaca dos demais. Seguido pelo par de vértices que mais publicaram em juntos, W1 e W4. Por outro lado, os outros dois *hubs* da rede, W2 e W5, são os próximos no *rank* de colaboração na décima posição.

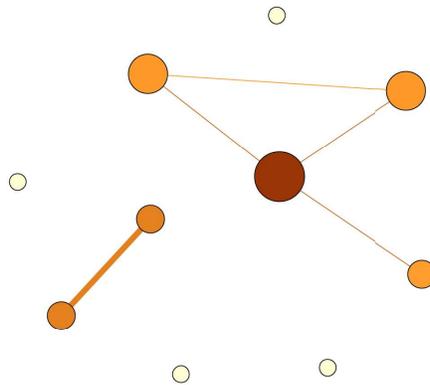


Figura 4.182: rede de coautoria do programa W - *rank* de colaboração.

4.2.24 Programa X: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde - UFPB, PB.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde da UFPB, Figura 4.183, também não é uma rede conectada, a menos de um único

vértice isolado, X15. Esse docente é um membro colaborador do programa e não possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Nesta rede, há um laço forte que se destaca dentre os demais, laço este formado pelo par de vértices X14 com X18, ambos docentes permanentes do programa e bolsistas de produtividade em pesquisa do CNPq. Em seguida, temos mais dois pares de vértices que também se destacam, são eles: X2 com X5 e X1 com X14, entretanto, com já mencionado anteriormente, apenas X14 possuem bolsa do CNPq. Na Figura 4.184 temos a distribuição de graus para essa rede.

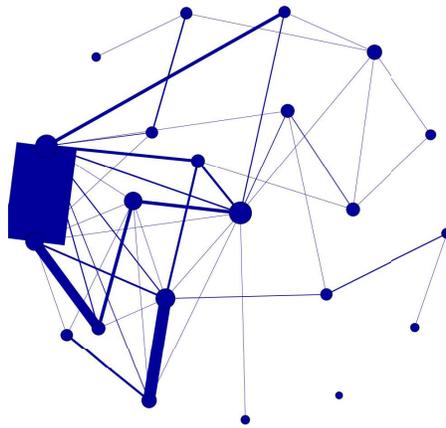


Figura 4.183: rede de coautoria do programa X.

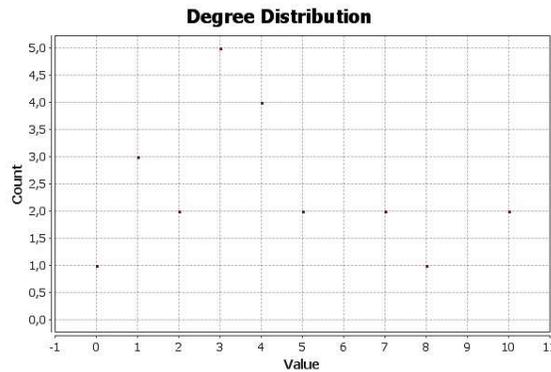


Figura 4.184: distribuição de graus do programa X.

Na rede do programa X há 2 componentes, ver Figura 4.185, a maior componente, envolve 21 dos 22 vértices da rede, correspondendo a 95,45% do total.

Na Figura 4.186 temos a rede destacando os *hubs*, os vértices X18 e X22. Em seguida, temos os vértices X2, X6 e X14. Na Tabela 4.2 apresenta-se o coeficiente de aglomeração médio 0,432.

A Rede do Programa X apresenta 5 comunidades, observe a Figura 4.187, onde a maior comunidade tem 8 dos 22 vértices. Na Tabela 4.2 temos a modularidade

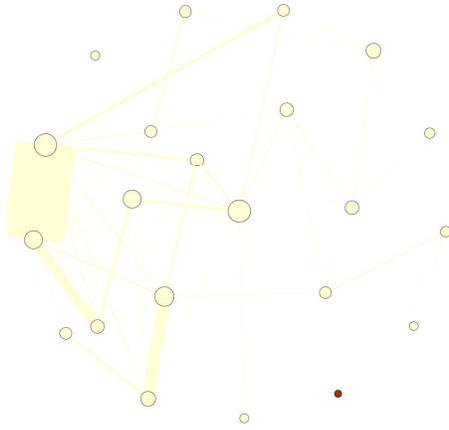


Figura 4.185: rede de coautoria do programa X - componentes.

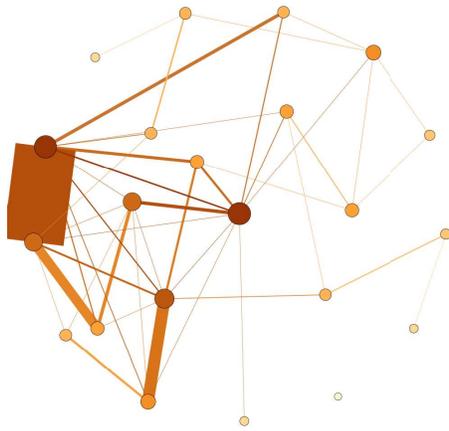


Figura 4.186: rede de coautoria do programa X - *hubs*.

para essa rede que é 0,33.

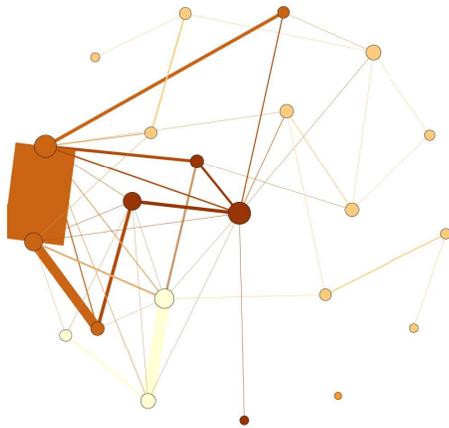


Figura 4.187: rede de coautoria do programa X - modularidade.

Nas Figuras 4.188 e 4.189 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, mais uma vez o *hub* da rede, X22 se destaca dentre os demais, ou seja, por esses docentes passam mais caminhos curtos. E seguida temos os vértices: X16, X2, X18 e X8. Considerando a centralidade de proximidade, temos o vértice X7, que mais se destaca, seguido pelos vértices X4 e X11, logo estes são os vértices mais distante dos demais na rede.

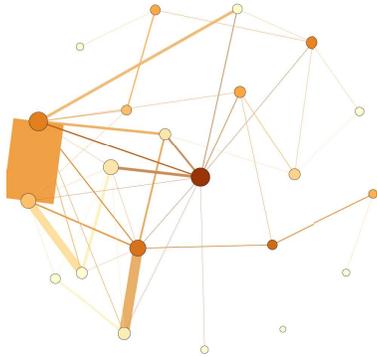


Figura 4.188: rede de coautoria do programa X - centralidade de intermediação.

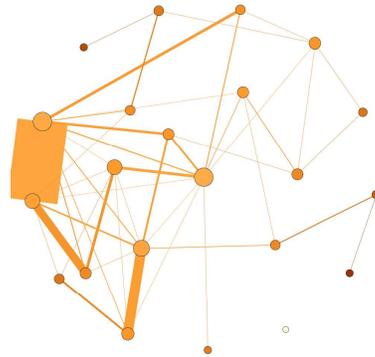


Figura 4.189: rede de coautoria do programa X - centralidade de proximidade.

Na Figura 4.190, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, novamente os vértices X18 e X14 se destacam nas primeiras posições. O outro *hub* da rede, X22, aparece na quinta posição.

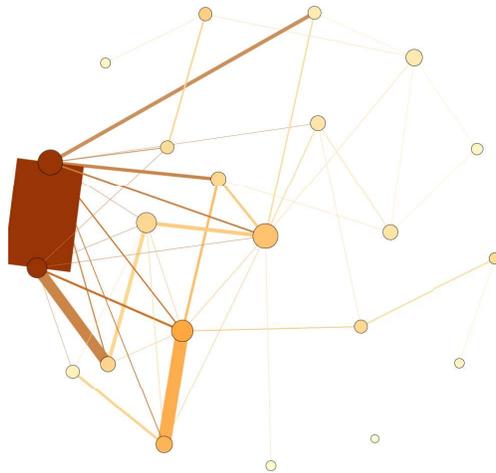


Figura 4.190: rede de coautoria do programa X - *rank* de colaboração.

4.2.25 Programa Y: A Rede de Coautoria do Programa de Pós-Graduação em Nanociência - UNIFRA, RS.

A rede de coautoria do programa de Pós-Graduação em Nanociência da UNIFRA, RS, Figura 4.191, é uma rede totalmente conectada. Nesta rede, há muitos laços fortes que se destacam dentre os demais. Em particular, o laço que mais se destaca é formado pelo par de vértices Y16 com Y6, ambos docentes permanentes do programa, embora só o vértice Y16 possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Em seguida, temos mais dois pares de vértices que também se destacam, são eles: Y12 com Y11 e Y14 com Y13, todos membros permanentes do programa, entretanto nenhum deles possui bolsa do CNPq. Na Figura 4.192 temos a distribuição de graus para essa rede.



Figura 4.191: rede de coautoria do programa Y.

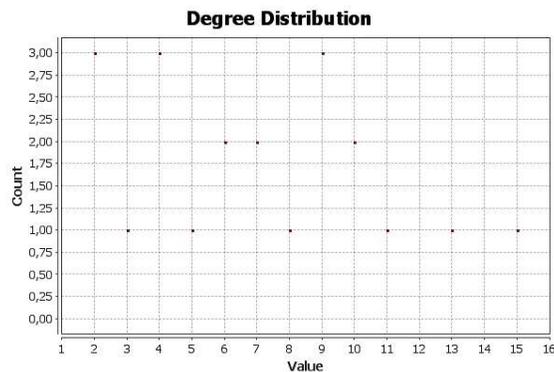


Figura 4.192: distribuição de graus do programa Y.

Na Figura 4.193 temos a rede destacando os *hubs*, nesta rede se destacam como os hubs os vértices Y12 e Y16. Na Tabela 4.2 apresenta o coeficiente de aglomeração médio 0,682.

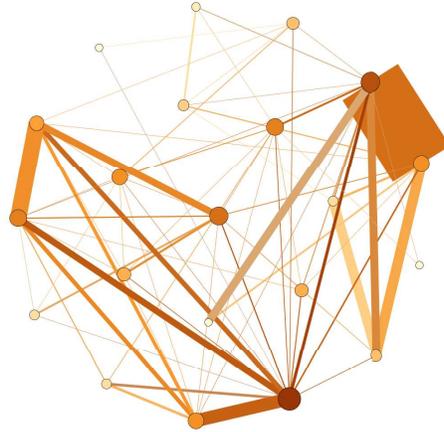


Figura 4.193: rede de coautoria do programa Y - *hubs*.

A rede do programa Y apresenta 3 comunidades, observe a Figura 4.194, a maior comunidade tem 14 dos 21 vértices. Na Tabela 4.2 temos a modularidade para essa rede que é 0,435.

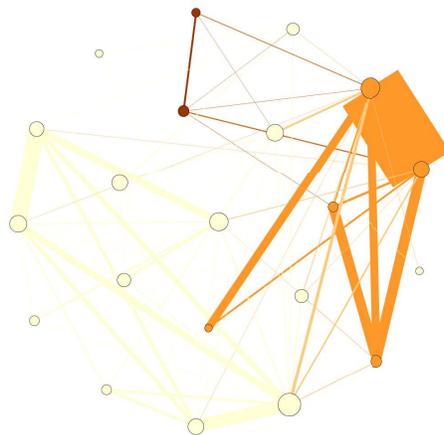


Figura 4.194: rede de Coautoria do programa Y - modularidade.

Nas Figuras 4.195 e 4.196 temos a rede em relação a centralidade de intermediação e centralidade de proximidade. Em relação a centralidade de intermediação, mais uma vez os vértices Y16 e Y12 se destacam dentre os demais, ou seja, por esses docentes passam mais caminhos curtos. E seguida temos os vértices: Y16 e Y12. Considerando a centralidade de proximidade, destacam-se os Y20 e Y2, que são os vértices mais distantes dos demais na rede.

Na Figura 4.197, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração, novamente os vértices Y16 e Y6 se destacam nas primeiras posições. Em seguida, temos os vértices Y14, Y12 e Y13.

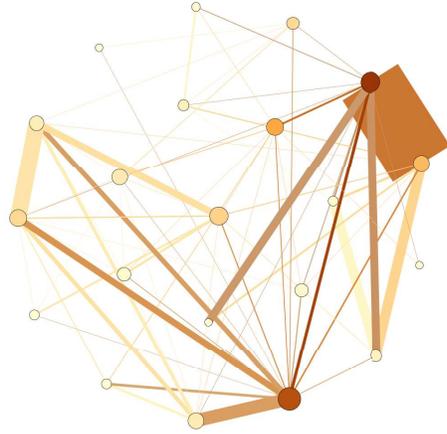


Figura 4.195: rede de coautoria do programa Y - centralidade de intermediação.

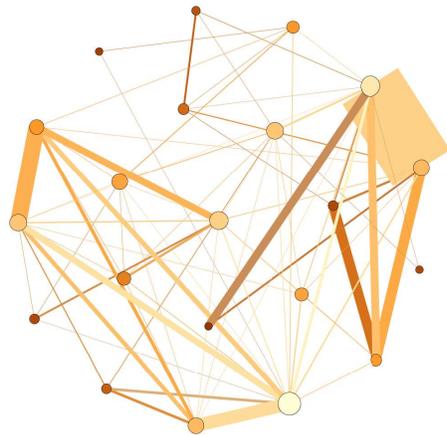


Figura 4.196: rede de coautoria do programa Y - centralidade de proximidade.

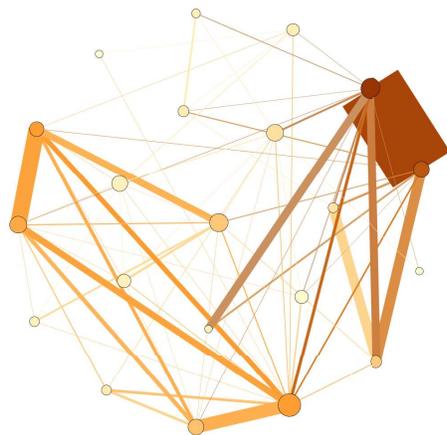


Figura 4.197: rede de coautoria do programa Y- *rank* de colaboração.

Capítulo 5

Construção e Análise da Rede de Coautoria em Modelagem Matemática

As redes dos programas de Pós-Graduação individuais, descritas anteriormente, trazem informações importantes sobre a colaboração entre os autores, em relação ao grupo que publicou naquele programa. Entretanto, para ampliar os limites da abordagem e caracterizar o nível de colaboração nacional entre os autores dos programas de Pós-Graduação em Modelagem Matemática, construímos uma rede com todos os docentes que são membros desses programas, denominada aqui de rede de coautoria em modelagem matemática.

Na Tabela 5.1 apresenta-se as principais métricas utilizadas para a análise da rede de coautoria em Modelagem Matemática. A construção da rede foi realizada de modo completamente análogo a construção das redes dos programas anteriores.

Tabela 5.1: Dados gerais da rede de coautoria em Modelagem Matemática.

	Rede
Número de vértices	559
Número de arestas	1313
Grau médio	4,894
Diâmetro	16
Densidade	0,009
Modularidade	0,901
Comunidades	88
Componentes	65
Maior Componente (%)	82,65
Coefficiente de Aglomeração	0,502
Comprimento médio	6,247

A rede construída é não dirigida e as arestas são valoradas, expressando o número

de vezes que um par ou mais autores publicaram juntos. Assim, a rede destaca as seguintes características: o tamanho do vértice é proporcional ao grau do vértice de cada docente; a espessura das arestas é proporcional à quantidade de publicações em coautoria entre os docentes; cores distintas representam a classificação dos vértices em relação a métrica utilizada. Na Figura 5.1, temos a rede de coautoria em Modelagem Matemática e na Figura 5.2 temos a distribuição de graus para essa rede, note que a distribuição de graus segue uma lei de potência. Observa-se a presença de muitos pares de vértices com fortes conexões. Em particular, chamamos a atenção para a tríade O5, O10 e O11, formada por docentes de um mesmo programa. Por outro lado, percebemos a presença de díades que se destacam na rede, devido à forte ligação entre os pares de vértices, temos os vértices V2 com V6, C13 com C4, e díades formadas por docentes de programas diferentes, como no caso de V12 com M17, X18 com N1.

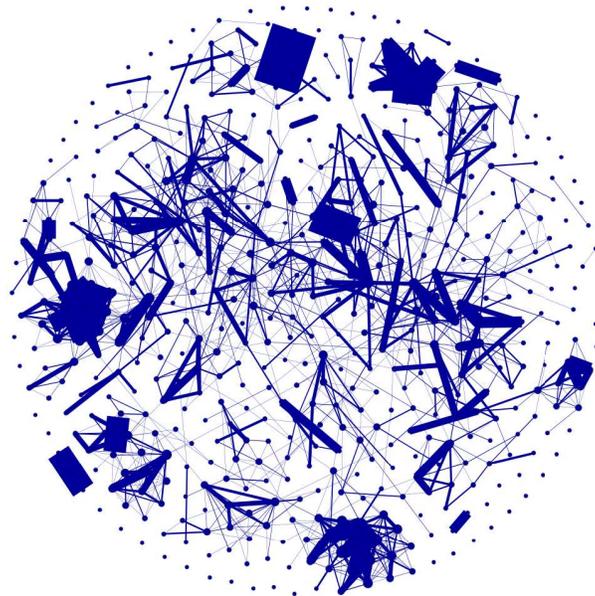


Figura 5.1: rede de coautoria em Modelagem Matemática.

Classificando a rede em relação ao grau, veja Figura 5.3, temos que os 8 principais docentes ordenados em relação ao grau, são apresentados na Tabela 5.2. Observe que o segundo docente apresenta dois rótulos, fato ocorrido porque esse docente faz partes dos dois programas de pós-graduação distintos. Note que membros de diferentes programas, ocupam as primeiras posições em relação ao grau, e que apenas o docente J19 não possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

Visualmente (observe a Figura 5.4) pode-se descrever a rede como composta ainda por um número grande de componentes, num total de 65, onde a maior componente engloba 462 dos 559 vértices, ou seja 82,65% dos vértices estão conectados.

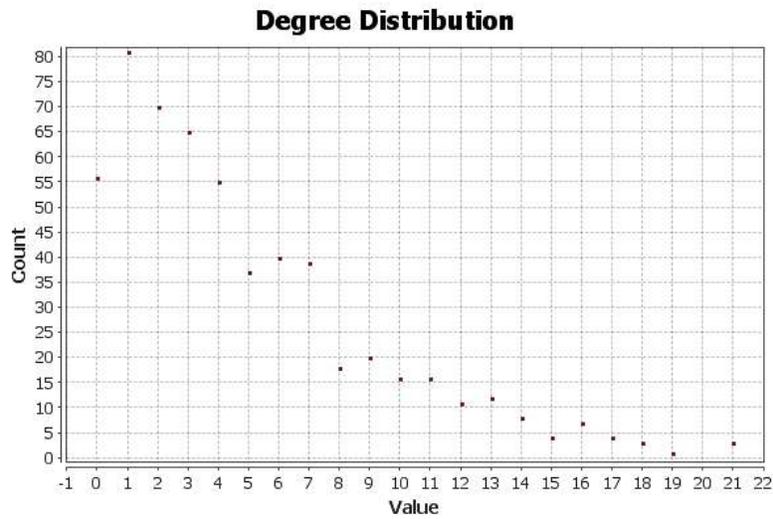


Figura 5.2: distribuição de graus da rede de coautoria para todos os programas de Pós-Graduação em Modelagem Matemática.

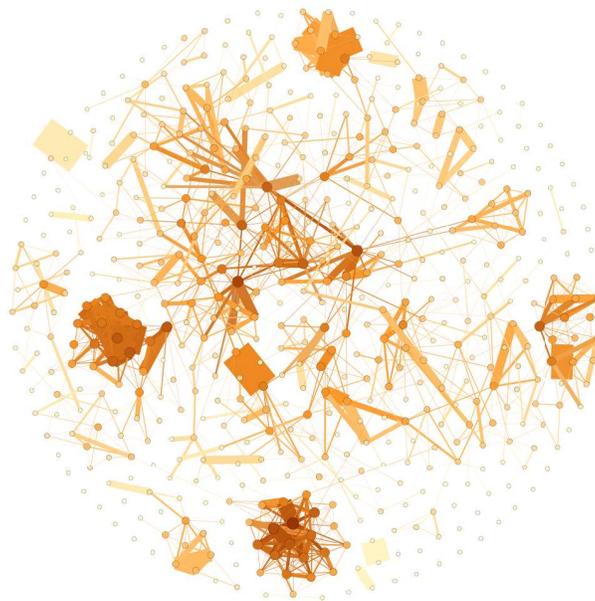


Figura 5.3: rede de coautoria em Modelagem Matemática: classificação em relação ao grau.

Portanto, percebe-se que há uma significativa conexão entre os vértices, como fica evidente quando se observa o gráfico da Figura 5.5. Neste gráfico, utilizamos para o *layout*, o algoritmo de distribuição Force Atlas, cujo objetivo é representar espacialmente as ligações entre nós pertencentes a distintos grupos, de forma a criar um "mapa" de suas interações. O princípio básico dessa distribuição é que nós ligados atraem-se mutuamente e os nós que não estão ligados são afastados.

Como já mencionamos anteriormente, as centralidades para as redes de coautoria

Tabela 5.2: Rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação considerando o grau de cada vértice.

	Docente	Rótulo	Grau do Vértice	Bolsista do CNPq
1	José de Souza Nogueira	J2	21	sim
2	Hélio José Correia Barbosa	L11 ou N22	19	sim
3	Haroldo Fraga de Campos Velho	G8	18	sim
4	Nadja Gomes Machado	J19	18	não
5	Ana Tereza Ribeiro de Vasconcelos	N3	17	sim
6	Emanuel Maltempi de Souza	C3	17	sim
7	Fábio de Oliveira Pedrosa	C4	17	sim
8	Marcelo Sacardi Biudes	J15	17	sim

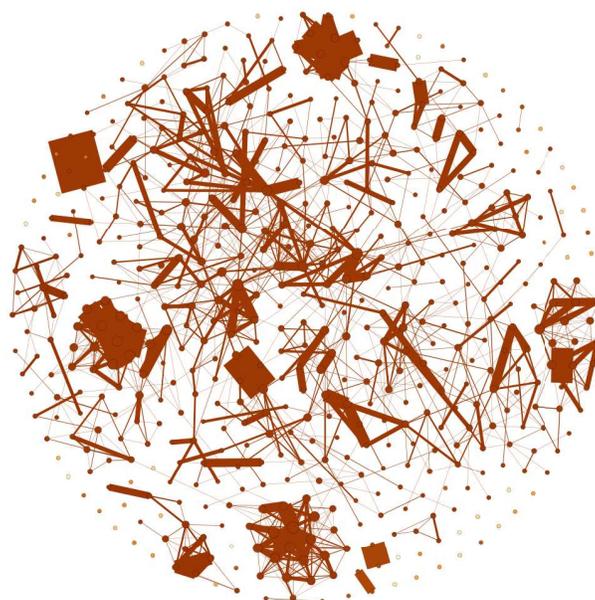


Figura 5.4: rede de coautoria em Modelagem Matemática: classificação em relação as componentes.

revelam a importância do autor tanto localmente quanto globalmente. Assim, a centralidade de intermediação reflete a importância do docente no programa pela sua capacidade de servir como intermediário, ou seja, mede a frequência que um docente aparece nos caminhos mais curtos entre os docentes da rede. Na Figura 5.6 temos o gráfico em relação a essa métrica e a Tabela 5.3, apresenta os dez principais docentes em ordem de intermediação. Notamos que programas distintos se intercalam nas primeiras posições.

Considerando agora a centralidade de proximidade, que mede a distância geodésica dos docentes em relação a todos os outros docentes da rede, como já mencionado anteriormente. Na Figura 5.7 obtém-se o gráfico em relação a essa métrica e na Ta-



Figura 5.5: rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação em relação as componentes, utilizando como *layout*, o algoritmo de distribuição Force Atlas.

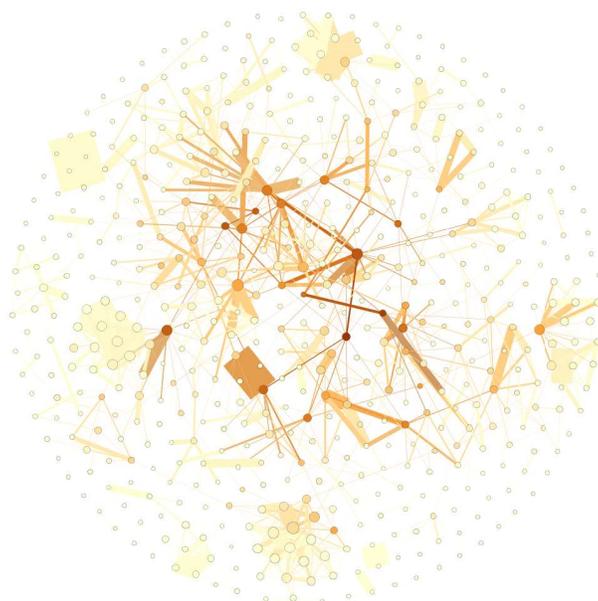


Figura 5.6: rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação em relação a centralidade de intermediação.

bela 5.4, apresentam-se os dez docentes em ordem de proximidade. Notemos que, com exceção do primeiro lugar (H4), os docentes com maior valor em relação a essa métrica, ou seja, os docentes mais distantes dos demais na rede, estão nos programas U e O. Considerando as redes referentes a estes programas, a maior componentes en-

Tabela 5.3: Centralidades de intermediação para a rede de coautoria em Modelagem Matemática.

	Docente	Rótulo	Cent. de Intermediação	Bolsista do CNPq
1	Sandra Aparecida Sandri	G20	15565,28	não
2	Marcone Jamilson Freitas Souza	V16	14574,78	sim
3	Haroldo Fraga de Campos Velho	G8	12676,95	sim
4	Carla Osthoff Ferreira de Barros	N10	12650,52	não
5	Cristiana Barbosa Bentes	H3	12140,78	sim
6	Ana Tereza Ribeiro de Vasconcelos	N3	12003,55	sim
7	Ronei Marcos de Moraes	X18	11504,13	sim
8	José Garcia Vivas Miranda	T17	11176,58	sim
9	Viviane Leite Dias de Mattos	O18	10717,17	não
10	Joselisa Maria Chaves	T18	10585,29	não

globalmente a maioria dos vértices. Em particular, temos 87,5% e 91,3% dos vértices para os programas U e O, respectivamente.

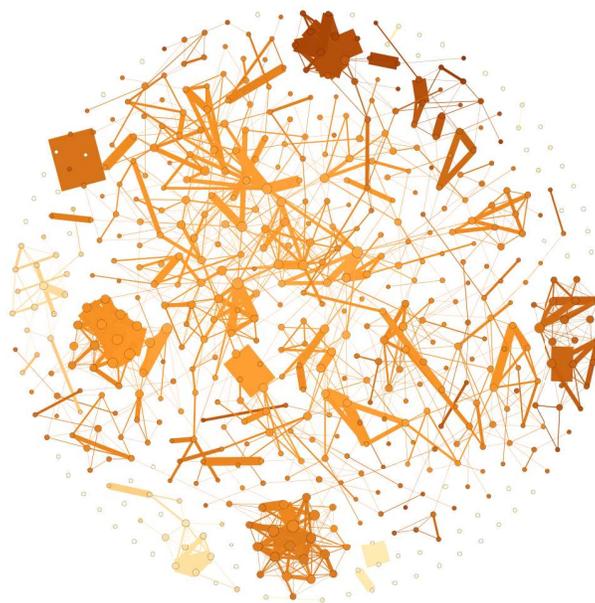


Figura 5.7: rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação em relação a centralidade de proximidade.

Nas Figuras 5.8 e 5.9 percebe-se a presença de muitos *hubs*. Na Tabela 5.5, temos os 14 primeiros colocados em relação a essa métrica, onde a maioria desses docentes possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

Na Figura 5.10, temos a rede em relação ao *rank* de colaboração. Nesta rede, o docente J2 é o que mais se destaca, ou seja, esse docente foi o quem mais colaborou

Tabela 5.4: Centralidades de proximidade para a rede de coautoria em Modelagem Matemática.

	Docente	Rótulo	Cent. de Proximidade	Bolsista do CNPq
1	Marcelo Sperle Dias	H10	10,3690	não
2	Daniel Curvello de Mendonça Muller	U4	9,8340	não
3	Alexandre Cunha Oliveira	U2	9,8297	sim
4	Oleg Khatchatourian	U11	9,8166	não
5	Manuel Osório Binelo	U10	9,8159	não
6	Nísia Krusche	O15	9,3930	não
7	Bárbara Denicol do Amaral Rodrigues	O21	9,3930	não
8	Wiliam Correa Marques	O19	9,3734	sim
9	Mauro de Vasconcelos Real	O14	9,3711	sim
10	Elisa Helena Leão Fernandes	O22	9,3711	sim

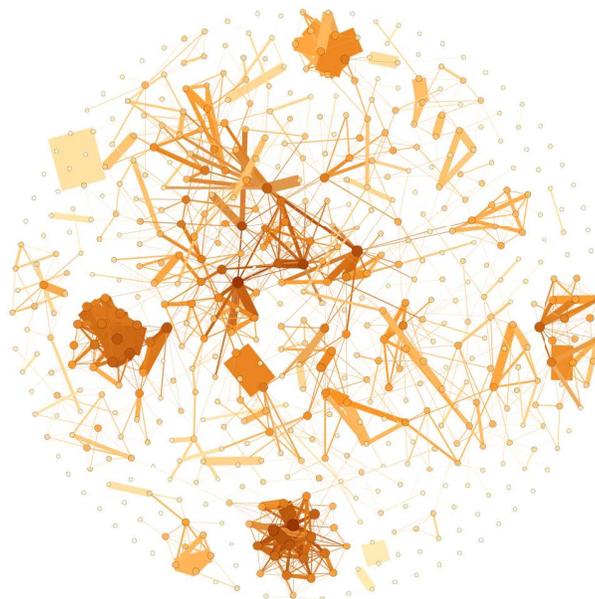


Figura 5.8: rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação em relação aos *hubs*.

com os demais. Na tabela 5.6, temos a colocação dos docentes dessa rede em relação ao *rank* de colaboração.

Dessa forma, notamos que muitos vértices se destacam em mais de uma métrica. Dentre eles, podemos citar:

- No Programa C, o vértice C4 se destaca nas primeiras posições em relação ao grau, aos *hubs* e ao *rank* de colaboração da rede, Por outro lado o vértice C3, destaca-se em relação ao grau e aos *hubs* .

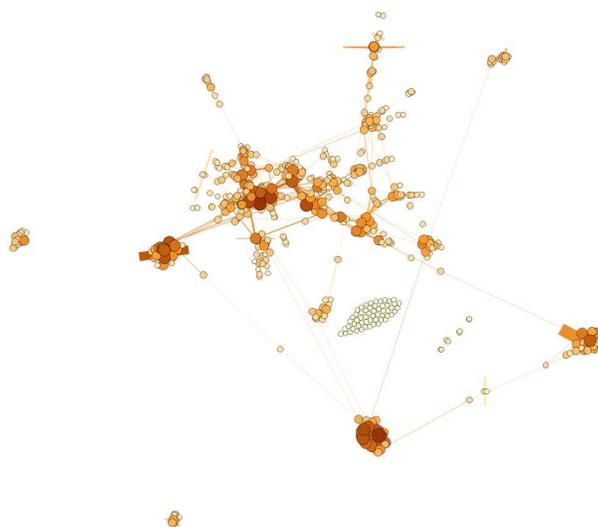


Figura 5.9: rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação em relação aos *hubs*, utilizando como *layout*, o algoritmo de distribuição Force Atlas.

Tabela 5.5: *Hubs* para a rede de coautoria em Modelagem Matemática.

	Docente	Rótulo	Bolsista do CNPq
1	José de Souza Nogueira	J2	sim
2	Hélio José Correia Barbosa	L11 ou N22	sim
3	Haroldo Fraga de Campos Velho	G8	sim
4	Nadja Gomes Machado	J19	não
5	Ana Tereza Ribeiro de Vasconcelos	N3	sim
6	Emanuel Maltempi de Souza	C3	sim
7	Fabio de Oliveira Pedrosa	C4	sim
8	Marcelo Sacardi Biudes	J15	sim
9	Maria Berenice Reynaud Steffens	C11	sim
10	Antônio José Neto	M2	sim
11	Raul Antônio Feijóo	N47	sim
12	Abimael Fernando Dourado Loula	N1	sim
13	Carlo Ralph de Muisis	J14	não
14	Renata Platcheck Raffin	Y12	não

- No Programa G, o vértice G8 se destaca nas primeiras posições em relação ao grau, aos *hubs*, a centralidade de intermediação e ao *rank* de colaboração da rede.
- No Programa J, o vértice J2 se destaca nas primeiras posições em relação ao grau, aos *hubs* e ao *rank* de colaboração da rede. Por outro lado, temos os vértices J15 e J19, destacam-se na rede geral em relação ao grau e aos *hubs* da

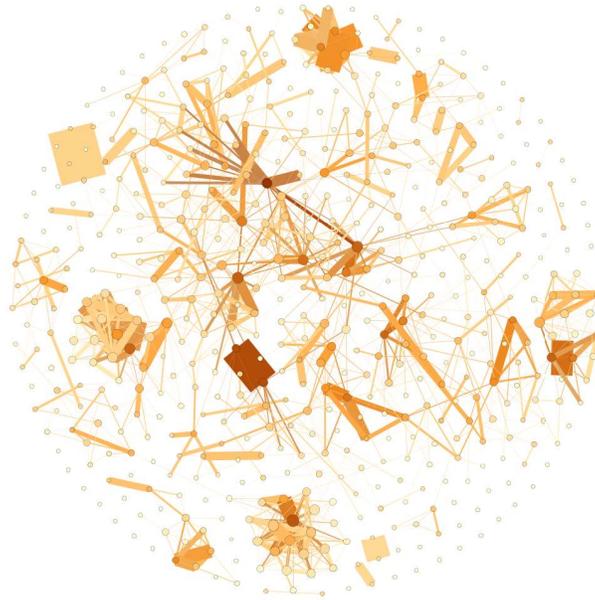


Figura 5.10: rede de coautoria em Modelagem Matemática, classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Tabela 5.6: *Rank* de colaboração para a rede de coautoria em Modelagem Matemática.

	Docente	Rótulo	Bolsista do CNPq
1	Antonio José da Silva Neto	M2	sim
2	Liliane dos Santos Machado	X14	sim
3	Ronei Marcos de Moraes	X18	sim
4	José de Souza Nogueira	J2	sim
5	Hélio José Correia Barbosa	L11 ou N22	sim
6	Solange Binotto Fagan	Y16	sim
7	Haroldo Fraga de Campos Velho	G8	sim
8	Fabio de Oliveira Pedrosa	C4	sim
9	Washington de Jesus Sant'Anna da Franca Rocha	T28	não
10	Abimael Fernano Dourado Loula	N1	sim

rede.

- No Programa L, o vértice L11 se destaca nas primeiras posições em relação ao grau, aos *hubs* e ao *rank* de colaboração da rede.
- No Programa M, o vértice M2 se destaca nas primeiras posições em relação ao grau, aos *hubs* e ao *rank* de colaboração da rede.
- No Programa N, o vértice N3 se destacam nas primeiras posições em relação ao grau, a centralidade de intermediação e aos *hubs* da rede. Por outro lado, temos

o vértice N1, destacando-se na rede geral em relação ao *rank* de colaboração e aos *hubs* da rede.

- No Programa X, o vértice X18 destacam nas primeiras posições em relação ao *rank* de colaboração e a centralidade de intermediação.

Podemos classificar a rede de coautoria em Modelagem Matemática também em relação a outras características, tais como: artigos em periódicos, livros, produção bibliográfica e trabalhos em congressos. Nas Tabelas 5.7 até Tabela 5.10, temos a classificação da rede em relação a essas características.

Tabela 5.7: Classificação das rede de coautoria em Modelagem Matemática em relação ao número de artigos em periódico (cinco primeiros).

	Docente	artigo em periódicos	Bolsista do CNPq
1	D1	706	não
2	B10	280	sim
3	E22	280	sim
4	C4	213	sim
5	C3	197	sim

Tabela 5.8: Classificação das rede de coautoria em Modelagem Matemática em relação ao número de livros (sete primeiros).

	Docente	livro	Bolsista do CNPq
1	M18	57	sim
2	M17	45	sim
3	N9	43	sim
4	M2	23	sim
5	C20	13	não
6	Q12	13	sim
7	A2	13	sim

Tabela 5.9: Classificação das rede de coautoria em Modelagem Matemática em relação à produção bibliográfica (cinco primeiros).

	Docente	produção Bibliográfica	Bolsista do CNPq
1	D2	1630	não
2	U7	1080	sim
3	M2	635	sim
4	Y16	592	sim
5	X1	549	não

Tabela 5.10: classificação das rede de coautoria em Modelagem Matemática em relação à trabalho em congresso (cinco primeiros).

Ordem	Docente	Trabalho em congresso	Bolsista do CNPq
1	U7	439	sim
2	M2	354	sim
3	X18	215	sim
4	V24	209	sim
5	N45	200	sim

Dessa forma, considerando as Tabelas 5.7 até Tabela 5.10, note que os docentes representados pelos vértices M2, U7 e Y16, aparecem mais de uma vez nessas tabelas. Percebemos-se que o vértice M2, já havia se destacado anteriormente.

Capítulo 6

Considerações Finais

Neste capítulo serão discutidas as principais conclusões obtidas a partir dos estudos, tanto da rede de coautoria de cada Programa de Pós-Graduação, quanto da rede total, ou seja, a rede formada por todos os Programas de Pós-graduação, apresentadas nos capítulos 4 e 5, respectivamente. O presente capítulo encontra-se dividido em duas seções: a primeira, onde são apresentadas conclusões sobre as diversas redes estudadas; a segunda estão descritas algumas sugestões de pesquisas futuras.

A motivação para este trabalho foi compreender a difusão do conhecimento em redes. Com o objetivo de se delimitar o objeto de pesquisa, estudamos as redes de coautoria em programas de pós-graduação com perfil de modelagem matemática. Esta escolha, como previamente mencionado, foi justificada por serem as redes de coautoria bem documentadas e bem estudadas na literatura. Além do mais, a rede de modelagem computacional em modelagem é relativamente recente no Brasil. Iniciamos nossos estudos com uma revisão da teoria dos grafos e um breve estado da arte de redes sociais e complexas. Ademais, foram reproduzidos os resultados da tese de Fadigas (2011) [6], que constituiu uma referência fundamental para a presente dissertação.

Em seguida, foram criadas as redes de coautoria dos programas de pós-graduação com perfil em modelagem matemática e a rede de todas estas redes em conjunto, denominada por rede de modelagem matemática. Algumas ferramentas computacionais, como o Pajek, o Gephi e ScripLattes foram eleitas para auxiliar na construção e análise das redes e nos cálculos das métricas estudadas.

Algumas dificuldades encontradas merecem ser destacadas, como por exemplo:

- a necessidade de um código de segurança (*captcha* - *Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart*) para acesso à Plataforma Lattes, do CNPq, tornou o processo mais demorado e semiautomático;
- os dados dos programas de pós-graduação são informados na recente Plataforma Sucupira da CAPES, que não se comunica com a plataforma da outra

agência de fomento, criando inconsistência entre os currículos dos pesquisadores e as informações dos programas de pós-graduação;

- não há registro temporal dos corpos docentes dos programas, o que dificulta a análise do processo de difusão do conhecimento, que é, inerentemente, um processo transiente.

Não obstante, a construção das redes de coautoria dos programas com perfil em modelagem e da rede global possibilitaram chegar a algumas conclusões, que discutiremos abaixo:

6.1 Conclusões

- Um componente característico da maioria das redes aqui estudada é a autoria isolada, entretanto, percebe-se que esses docentes que publicam isoladamente, em grande parte, são membros colaboradores do programa e não possuem bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq;
- As redes de coautoria em Modelagem Matemática, são em sua maioria desconectadas, com exceção dos programas F, J e Y, que correspondem a apenas 12% de todas as redes. Embora, quando retirados os vértices isolados, grande parte das redes tornam-se conectadas, como ocorre, por exemplo, nos programas G e X. As redes dos programas dos programas F, J, Y e C, apresentam também os maiores valores para a densidade e para o grau médio;
- A existência de algumas componentes nas redes pode ser explicada com a existência de diferentes linhas de pesquisa existentes nos Programas, que muitas vezes dificultam a cooperação científica. No entanto, por recomendação da CAPES, a coautoria entre docentes de diferentes linhas de pesquisa deve ser fomentada nos Programas do comitê interdisciplinar, onde estão os programas com perfil em modelagem estudados neste trabalho.
- O programa N se destaca com o maior número de vértices e também um número elevado de aresta, assim com a rede J se destaca por ter o maior número de arestas. Nota-se nestas redes maiores, a presença de mais de um docente, ou geralmente o mesmo grupo de docentes, se destacando na rede em relação a métricas utilizadas. Por outro lado, os programas W e I são redes pequenas, com o menor número de vértices, onde o mesmo docente se destaca em relação a maioria das métricas estudadas;
- A partir da utilização das ferramentas computacionais, como o Gephi e o ScriptLattes, tivemos todo suporte necessário para análise dos dados obtidos, suas

funcionalidades em conjunto com a metodologia definida permitiram a capacidade de automatizar parte do processo da coleta e da análise dos dados. A utilização de métricas como a modularidade e as componentes, foi satisfatória, pois a capacidade de identificar grupos na rede fez com que pudéssemos visualizar a interação entre estas comunidades e também entre as componentes.

- A caracterização das redes de coautoria separadas por programas permitiu identificar padrões próprios de cada um dos programas e padrões que são comuns a todos. Nesse sentido, um padrão comum a todos os programas, com exceção dos programas F, J e Y, é a presença em todas as redes de um pequeno número de docentes que optam ou são levados a publicarem sozinhos. E considerando a rede geral com todos os programas, apenas 55 dos 559 docentes da rede, publicam isoladamente, ou seja, apenas 9,84% dos docentes da rede de coautoria em programas de Pós-Graduação em Modelagem Matemática no Brasil, publicam sozinhos ou com coautores que não pertencem à rede, caracterizando a alta colaboração entre os docentes dessa rede;
- O uso dos índices de centralidade permitiu destacar os docentes mais centrais nas redes, e juntamente com outras métricas como os *hubs* e *rank* de colaboração permitiu identificar os docentes que são mais proeminentes das redes individuais de cada programa, assim como da rede de modelagem matemática. Nem sempre um docente que mais se destaca na rede de seu programa, também se destacava na rede geral, como é o caso dos docentes Y16 e N47, que na rede dos seus respectivos programas ocupam posição de destaque e na rede geral isso não ocorre. Entretanto, temos algumas exceções, por exemplo o vértice X18, é um dos docentes que se destaca tanto na rede geral, quanto na rede de seu programa de origem;
- Dos docentes que se destacam em mais de uma métrica utilizada na rede geral, listados no Capítulo 5, apenas o docente J19 não possui bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq, assim, em geral os docentes que mais se destacam são bolsistas do CNPq;
- O fato de que a distribuição de graus na rede de coautoria em Modelagem Matemática segue uma lei de potência, caracterizando o efeito de small-world da rede;
- Quando reunimos todos os programas em uma só rede, percebemos que não há mudanças substanciais na topologia, permanecendo ainda uma rede com muitos componentes, incluindo-se aí os docentes que publicam isoladamente. De modo geral, a topologia da rede em modelagem matemática retrata a topo-

logia da maioria das redes para cada programa. Entretanto, com a rede geral, foi possível concluir que a distribuição de graus segue uma lei de potência.

- Com base nos dados apurados, pode-se concluir que a partir da construção e análise das redes de coautoria dos programas de Pós-Graduação em Modelagem Matemática, e com o uso das métricas para obter informações importantes a respeito das produções científicas dos programas pesquisados, podemos identificar os programas e os docentes mais relevantes em modelagem computacional no Brasil.

6.2 Pesquisas futuras.

A pesquisa é um processo dinâmico, no qual cada contribuição faz surgir novas possibilidades e provoca outras investigações correlatas. Neste contexto, as seguintes pesquisas que podem ser conduzidas:

- ampliar a pesquisa, inserindo os discentes dos programas, e encontrar os programas de pós-graduação responsáveis pela nucleação de novos programas;
- criar redes de coautoria por ano, buscando entender a evolução e o comportamento da colaboração por coautoria nos programas de Pós-graduação em Modelagem Matemática;
- estudar as redes de coautoria com atributos de gênero, buscando responder se há um equilíbrio entre homens e mulheres em publicações. Também, verificar as redes de coautoria por área de conhecimento, buscando entender as áreas de pesquisa que se destacam na rede, assim como também estudar as redes com atributo de localidade. E se possível verificar se há uma correlação entre a área de pesquisa e região;
- atualizar os dados sobre as redes de coautoria nos programas de Pós-graduação em Modelagem Matemática, e proceder novas análises e observar a correlação entre a importância do programa na rede e sua nota na avaliação quadrienal da CAPES, bem como a correlação entre as métricas dos nós e seus níveis de bolsa de produtividade¹.
- Construir a rede de coautoria ponderada, levando em conta a classificação QUALIS de periódicos da CAPES.

¹Aqui deve-se levar em conta que estamos explorando programas do comitê multidisciplinar da CAPES e bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq, onde não existe a área interdisciplinar. A diferença de critérios entre os distintos comitês deve dificultar a análise e isto deve ser considerado

Referências Bibliográficas

- [1] ROBERTSON, E. F.; O’CONNOR, J. J. Disponível em: <<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Extras/Konigsberg.html>>. Acesso em 17 de abril, 2016.
- [2] BARABÁSI, A. L. *Linked (conectado) A Nova Ciência dos Networks: Como tudo está conectado a tudo e o que isso significa para os negócios, relações sociais e ciências*. Brasil, Leopardo Editora, 2009.
- [3] BALAKRISHNAN, R., RANGANATHAN, K. *A Textbook of Graph Theory*. Tiruchirappalli, India, Springer, 2012.
- [4] GARBADO, A. C. *Análise de Redes Sociais: Uma Visão Computacional*. São Paulo, Novatec Editora Ltda, 2015.
- [5] WATTS, D. J., STROGATZ, S. H. “Collective dynamics of ‘Small-world’ networks”, *Nature*, v. 303, n. 6684, pp. 440–442, 1998.
- [6] FADIGAS, I. S. *Difusão do conhecimento em educação matemática sob perspectiva das redes sociais e complexas*. Tese de D.Sc., Universidade Federal da Bahia, UFBA; Universidade do Estado da Bahia, UNEB; Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS; Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia, Salvador, BA, Brasil, 2011.
- [7] JIN, B.; RUNDELL, W. “A tutorial on inverse problems for anomalous diffusion processes. Inverse Problems.” 2015.
- [8] BEVILACQUA, L.; GALEÃO, A. C. F. P. “A new analytical formulation of retention effects on particle diffusion processes.” *An. Acad. Bras. Cienc.*, v. 83, n. 4, pp. 1444–1467, 2011.
- [9] MENA-CHALCO, J. P., CESAR-JR, R. M. “ScriptLattes: An open-source knowledge extraction system from the lattes platform.” *Journal of the Brazilian Computer*, pp. 109–128, 2013.
- [10] BASSANEZI, R. C. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia*. São Paulo, SP, Contexto, 2013.

- [11] VANZ, S. A. D. S.; STUMP, I. R. C. “Colaboração científica: revisão teórico-conceitual. Perspectivas em Ciência da Informação”, *Comput Math Organiz Theor*, v. 15, n. 02, pp. 42–55, 2010.
- [12] NEWMAN, M. E. J.; STROGATZ, S. H. W. D. J. “Random graphs with arbitrary degree distributions and their applications.” *Physical Review E*, v. 64, 2001.
- [13] BARABÁSI, A. L.; JERONG, H. R. E. N. Z. V. T. S. A. *On the topology of scientific collaboration networks*. Brasil, Physica A, 2002.
- [14] ERDOS, P.; RÉNYI, A. “On random graphs”, *Publicationes Mathematicae*, v. 6, pp. 290–297, 1959.
- [15] BARBOSA, M. T. S., BYINGTON, M. R. L., STRUCHINER, C. J. “Modelos dinâmicos e redes sociais: revisão e reflexões a respeito de sua contribuição para o entendimento da epidemia do HIV”, *Cad. Saúde Pública*, v. 33, n. 3, pp. 37–51, 2000.
- [16] MARKENZON, L., VERNET, O. *Representações computacionais de grafos*. São Carlos, SP, SBMAC, 2012.
- [17] NEWMAN, M. E. J. *Networks: An Introduction*. New York, Oxford University Press, 2010.
- [18] ABREU, N. M. M. *Introdução à Teoria Espectral de Grafos com Aplicações*. São Carlos, SP, SBMAC, 2009.
- [19] KOLMAN, B. *Introdução à Álgebra Linear com aplicações*. Rio de Janeiro, LTC, 1999.
- [20] MARTELETO, R. M. “Análise de redes sociais: aplicação nos estudos de transferência da informação.” *Ciência da Informação*, v. 30, n. 1, pp. 71–81, 2001.
- [21] DEGENNE, A., FORSÉ, M. “Introducing Social Networks.” *London: SAGE*, 1994.
- [22] FREEMAN, L. C. “The development of social network analysis: a study in the sociology of science.” *Vancouver, Canada: Empirical Press*, 2004.
- [23] MORENO, J. L. “Who Small Survive?” *New York: Beacon House Inc*, pp. 60–67, 1967.
- [24] SCOTT, J. “Social network analysis.” *Sage*, 2002.

- [25] R. F.; SILVA, A. B. O. E. “Análise de redes sociais como método para a Ciência da Informação.” *DataGramaZero - Revista de Ciência da Informação*, v. 7, n. 2, 2006.
- [26] SILVA, A. B., MATHEUS, R. F., PARREIRAS, F. S., et al. “Análise de redes sociais como metodologia de apoio para a discussão da interdisciplinaridade na ciência da informação”, *Ciência da Informação*, v. 35, n. 1, pp. 333–347, 2006.
- [27] PEREIRA, H. B. B., FREITAS, M. C., SAMPAIO, R. R. “Fluxos de informações e conhecimentos para inovações no arranjo produtivo local de confecções em Salvador, Bahia”, *DataGramaZero - Revista de Ciências da Informação*, v. 8, n. 4, 2007.
- [28] CALDEIRA, S. M. G. *Caracterização da Rede de Signos Linguísticos: Um modelo baseado no aparelho psíquico de Freud*. Ph.D. dissertation, Fundação Visconde de Cairu, Salvador, BA, Brasil, 2005.
- [29] TEIXEIRA, G. M., AGUIAR, M. D. F., CARVALHO, C. F., et al. “Complex Semantic Networks”, *International Journal of Modern Physics C*, v. 21, n. 6, pp. 72–93, 2010.
- [30] FADIGAS, I. S., HENRIQUE, T., SENNA, V. D., et al. “Análise de redes semânticas baseadas em periódicos científicos: o caso dos periódicos em educação matemática.” *Educação Matemática e Pesquisa*, v. 11, n. 1, pp. 142–164, 2009.
- [31] PEREIRA, H. B. B., FADIGAS, I. S., SENNA, V. D., et al. “Semantic networks based on titles of scientific papers”, *Pysica A*, pp. 1192–1197, 2011.
- [32] ROSA, M. G., FADIGAS, I. S., ANDRADE, M. T. T., et al. “Clique Approach for Networks: Applications for Coauthorship Networks”, *Social Networking*, pp. 80–85, 2014.
- [33] MARTELETO, R. M., SILVA, A. B. O. “Redes e capital social: o enfoque da informação para o desenvolvimento local.” *Ciência da Informação*, v. 33, n. 3, pp. 41–49, 2004.
- [34] WASSERMAN, S., FAUST, K. “Social network analysis: methods and applications”, *Cambridge: Cambridge University Press*, 1997.
- [35] WELLMAN, B. *Structural analysis: from method and metaphor to theory and substance*. New York: Cambridge University Press, Social structures: a network approach, 1988.

- [36] BORGATTI, S. “Identifying sets of key players in a social network”, *Comput Math Organiz Theor*, v. 12, n. 3, pp. 21–34, 2006.
- [37] MONTEIRO, R. L. S. *Um modelo evolutivo para simulação de redes de afinidade*. Tese de D.Sc., Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, BA, Brasil, 2012.
- [38] ALBERT, R., BARABÁSI, A.-L. “Topology of evolving networks: local events and universality.” *Physical Review Letter*, v. 85, n. 24, pp. 5234–5237, 2000.
- [39] BARABÁSI, A. L. “Statistical mechanics of complex networks”, *REVIEWS OF MODERN PHYSICS*, v. 74, n. 3, pp. 47–97, 2009.
- [40] NEWMAN, M. E. J. “Modularity and community structure in networks.” *PNAS USA*, v. 103, n. 23, pp. 8577–8582, 2006.
- [41] ARRUDA, G. F. *Mineração de dados em redes complexas*. Ph.D. dissertation, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computacional, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2013.
- [42] MILGRAM, S. “The small word problem.” *Psychology Today*, , n. 2, pp. 60–67, 1967.
- [43] ALBERT, R., JEONG, H., BARABÁSI, A.-L. “Diameter of the World Wide Web.” *Nature*, pp. 130–131, 1999.
- [44] ALBERT, R., BARABÁSI, A.-L. “Emergence of scaling in random networks.” *Science*, pp. 509–512, 1999.
- [45] SANTOS, M. D. *Análise de erros na solução numérica do modelo computacional de difusão de conhecimento*. Tese de D.Sc., Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, Brasil, 2015.
- [46] MONTEIRO, R. L. S.; CARNEIRO, T. K. G. A. L. P. C. S. F. I. P. H. B. B. “An affinity-based evolutionary model of the diffusion of knowledge”, *Revista de Comunicación*, , n. 9, 2015.
- [47] MENA-CHALCO, J. P., CESAR-JR, R. M. “Prospecção de dados acadêmicos de currículos lattes através de scriptLattes.” *Journal of the Brazilian Computer*, v. 15, n. 4, pp. 31–39, 2009.

Apêndice A

Listas das Redes de Coautoria

Neste Apêndice, disponibilizamos as listas dos docentes em seus respectivos programas. Nos rótulos, a primeira entrada são letras que se refere ao programa ao qual o docente está associado e o número representa a posição ao qual ele está presente nesta lista.

Tabela A.1: Lista dos docentes do Programa A.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Adriana Monteiro da Costa	A1	permanente
2	Britaldo Silveira Soares Filho	A2	permanente
3	Carlos Fernando Ferreira Lobo	A3	permanente
4	Fabio Soares de Oliveira	A4	permanente
5	Fernando Figueiredo Goulart	A5	colaborador
6	Jose Eustaquio Machado de Paiva	A6	colaborador
7	Marcelo Antonio Nero	A7	permanente
8	Marcos Antonio Timbo Elmiro	A8	permanente
9	Maria Marcia Magela Machado	A9	permanente
10	Marcia Nunes Macedo	A10	colaborador
11	Raoni Guerra Lucas Rajao	A11	permanente
12	Ricardo Alexandrino Garcia	A12	permanente
13	Rodrigo Affonso de Albuquerque Nobrega	A13	permanente
14	Sergio Donizete Faria	A14	permanente
15	Sonia Maria Carvalho Ribeiro	A15	colaborador
16	Ursula Ruchkys de Azevedo	A16	permanente

Tabela A.2: Lista dos Docentes do Programa A com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Rótulos	Bolsa de Produtividade em pesquisa CNPq
A2	Nível 2 CA CA
A11	Nível 2 CA PE
A13	Nível 2 CA PE
A15	Nível A

Tabela A.3: Lista dos docentes do Programa B.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Ana Paula Madureira	B1	permanente
2	Claudia Teixeira Guimaraes	B2	permanente
3	Cynthia Maria Borges Damasceno	B3	permanente
4	Jorge Luiz Pesquero	B4	permanente
5	Jose Batista de Jesus	B5	permanente
6	Jurandir Vieira de Magalhaes	B6	permanente
7	Sylvia Morais de Sousa	B7	permanente
8	Antonio-Carlos Guimaraes de Almeida	B8	permanente
9	Antonio Marcio Rodrigues	B9	permanente
10	Fulvio Alexandre Scorza	B10	permanente
11	Gilcelio Amaral da Silveira	B11	colaborador
12	Mario Antonio Duarte	B12	colaborador
13	Vinicius Rosa Cota	B13	permanente
14	Bjorn Gucker	B14	permanente
15	Iola Goncalves Boechat	B15	permanente
16	Ivanildo Evodio Marriel	B16	permanente
17	Rogério Martins Mauricio	B17	permanente
18	Wellington Garcia Campos	B18	permanente
19	Luiz Gustavo Ribeiro Pereira	B19	colaborador
20	Paulo Henrique de Almeida Campos-Junior	B20	colaborador
21	Ivan Carlos dos Santos	B21	colaborador

Tabela A.4: Listas dos docentes do Programa B com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
B5	Nível 2 CA MP
B8	Nível 1C CA EE
B9	Nível 2 CA EE
B10	Nível 1B CA BF
B14	Nível 2 CA CA
B15	Nível 2 CA EL
B17	Nível 2 CA ZT
B19	Nível 2 CA ZT

Tabela A.5: Lista dos docentes do Programa C.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Alessandro Brawerman	C1	permanente
2	Alexandre Rossi Paschoal	C2	permanente
3	Emanuel Maltempi de Souza	C3	permanente
4	Fabio de Oliveira Pedrosa	C4	permanente
5	Geraldo Picheth	C5	permanente
6	Helisson Faoro	C6	permanente
7	Jeroniza Nunes Marchaukoski	C7	permanente
8	Leonardo Magalhães Cruz	C8	permanente
9	Liu Un Rigo	C9	permanente
10	Luciano Fernandes Huergo	C10	permanente
11	Maria Berenice Reynaud Steffens	C11	permanente
12	Mario Antonio Duarte	C12	permanente
13	Roberto Tadeu Raittz	C13	permanente
14	Rose Adele Monteiro	C14	permanente
15	Wanderson Duarte da Rocha	C15	permanente
16	Fabício Martins Lopes	C16	colaborador
17	Izabella Castilhos Ribeiro dos Santos Weiss	C17	colaborador
18	Luiz Antônio Pereira Neves	C18	colaborador
19	Marcel Ivan Ramirez Araya	C19	colaborador
20	Paulo Afonso Bracarense Costa	C20	colaborador
21	Paulo Costa Carvalho	C21	colaborador
22	Vinicius Almir Weiss	C22	colaborador

Tabela A.6: Lista dos docentes do Programa C com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
C3	Nível 1B CA BF
C4	Nível 1A CA BF
C5	Nível 2 CA BF
C8	Nível 2 CA BI
C10	Nível 2 CA BF
C11	Nível 1D CA BF
C14	Nível 2 CA BF
C15	Nível 2 CA GE
C19	Nível 1D CA IM
C21	Nível 2 CA CC

Tabela A.7: Lista dos docentes do Programa D.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Antonio Carlos Simões Pião	D1	permanente
2	Carlos Roberto Padovani	D2	permanente
3	Helenice de Oliveira Florentino Silva	D3	permanente
4	José Silvio Govone	D4	permanente
5	Liciania Vaz de Arruda Silveira	D5	permanente
6	Lídia Raquel de Carvalho	D6	permanente
7	Luzia Aparecida Trinca	D7	permanente
8	Miriam Harumi Tsunemi	D8	permanente
9	Paulo Fernando de Arruda Mancera	D9	permanente
10	Rubens de Figueiredo Camargo	D10	permanente
11	Rogério Antonio de Oliveira	D11	permanente
12	Andriana Susana Lopes de Oliveira	D12	colaborador
13	Cláudia Pio Ferreira	D13	colaborador
14	Daniela Renata Cantane	D14	colaborador
15	Elisabete Cardieri	D15	colaborador
16	Fernando Luiz Pio dos Santos	D16	colaborador

Tabela A.8: Lista dos docentes do Programa E.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Alexandre da Costa Sena	E1	permanente
2	Alexandre Sztajnberg	E2	permanente
3	Ana Letícia de Cerqueira Leite Duboc	E3	permanente
4	Augusto César de Castro Barbosa	E4	permanente
5	Carlos Antonio de Moura	E5	colaborador
6	Carlos Frederico Fragoso de Barros e Vasconcellos	E6	permanente
7	Celia Martins Cortez Silva	E7	permanente
8	Cristiane Oliveira de Faria	E8	permanente
9	Dilson Silva	E9	permanente
10	Fabiano de Souza Oliveira	E10	permanente
11	Frederico Alan de Oliveira Cruz	E11	colaborador
12	Guilherme Lucio Abelha Mota	E12	permanente
13	Leandro Augusto Justen Marzulo	E13	permanente
14	Luerbio Faria	E14	permanente
15	Luis Alfredo Vidal de Carvalho	E15	colaborador
16	Marcus Vinicius Tovar Costa	E16	colaborador
17	Maria Clicia Stelling de Castro	E17	permanente
18	Maria Hermínia de Paula Leite Mello	E18	colaborador
19	Neide dos Santos	E19	colaborador
20	Patricia Nunes da Silva	E20	permanente
21	Paulo Eustaquio Duarte Pinto	E21	permanente
22	Raul Jose Donangelo	E22	colaborador
23	Regina Serrão Lanzillotti	E23	permanente
24	Ricardo Carvalho de Barros	E24	permanente
25	Rosa Maria Esteves Moreira da Costa	E25	permanente
26	Rosa Maria Videira de Figueiredo	E26	colaborador
27	Roseli Suzi Wedemann	E27	permanente
28	Sheila Regina Murgel Veloso	E28	permanente
29	Vera Maria Benjamim Werneck	E20	permanente

Tabela A.9: Lista dos docentes do Programa E com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
E2	Nível 2 CA 92
E7	Nível 2 CA BF
E9	Nível 2 CA CA
E14	Nível 1D CA CC
E15	Nível 2 CA CC
E22	Nível SR CA FA
E24	Nível 1D CA EN
E27	Nível 2 CA CC
E28	Nível 2 CA CC

Tabela A.10: Listas dos docentes do Programa F.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Alexandre Araújo Costa	F1	permanente
2	Antonio Carlos Santana dos Santos	F2	permanente
3	Augusto César Barros Barbosa	F3	permanente
4	Emerson Mariano da Silva	F4	permanente
5	Francisco Geraldo de Melo Pinheiro	F5	permanente
6	Francisco Sales Ávila Cavalcante	F6	permanente
7	Gerson Paiva Almeida	F7	permanente
8	João Bosco Verçosa Leal Junior	F8	permanente
9	José Maria Brabo Alves	F9	permanente
10	Lutero Carmo de Lima	F10	permanente
11	Mona Lisa Moura de Oliveira	F11	permanente
12	Sergio Sousa Sombra	F12	permanente
13	Nara Angélica Policarpo	F13	colaborador
14	Rinaldo dos Santos Araújo	F14	colaborador

Tabela A.11: Lista dos docentes do Programa F com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
F3	Nível A
F4	Nível A

Tabela A.12: Lista dos docentes do Programa G.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Antonio Miguel Vieira Monteiro	G1	permanente
2	Celso Luiz Mendes	G2	permanente
3	Corina da Costa Freitas	G3	permanente
4	Eduardo Martins Guerra	G4	permanente
5	Elbert Einstein Nehrer Macau	G5	permanente
6	Fernando Manuel Ramos	G6	permanente
7	Gilberto Camara Neto	G7	permanente
8	Haroldo Fraga de Campos Velho	G8	permanente
9	Joaquim José Barroso de Castro	G9	permanente
10	Horacio Hideki Yanasse	G10	permanente
11	Karine Reis Ferreira	G11	permanente
12	Lamartine Nogueira Frutuoso Guimarães	G12	permanente
13	Leila Maria Garcia Fonseca	G13	permanente
14	Luciano Vieira Dutras	G14	permanente
15	Marcos Gonçalves Quiles	G15	permanente
16	Margarete Oliveira Domingues	G16	permanente
17	Nandamudi Lankalapalli Vijaykumar	G17	permanente
18	Rafael Duarte Coelho dos Santos	G18	permanente
19	Reinaldo Roberto Rosa	G19	permanente
20	Sandra Aparecida Sandri	G20	permanente
21	Sidnei Joao Siqueira Sant'Anna	G21	permanente
22	Solon Venâncio de Carvalho	G22	permanente
23	Stephan Stephany	G23	permanente
24	Valdivino Alexandre de Santiago Júnior	G24	permanente
25	Ezzat Selim Chalhoub	G25	colaborador
26	Gilberto Ribeiro de Queiroz	G26	colaborador
27	Leonardo Bacelar Lima Santos	G27	colaborador
28	Lúbia Vinhas	G28	colaborador
29	Luiz Antonio Nogueira Lorena	G29	colaborador
30	Rita de Cássia Meneses Rodrigues	G30	colaborador
31	Rogério Deienno	G31	colaborador

Tabela A.13: Listas dos docentes do Programa G com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
G3	Nível 1C CA CC
G5	Nível 1B CA EE
G6	Nível 1B CA EM
G7	Nível 1C CA CC
G8	Nível 2 CA CC
G9	Nível 1C CA EE
G10	Nível 1A CA PE
G12	Nível 2 CA 83
G14	Nível 1D CA CA
G15	Nível 2 CA CC
G16	Nível 2 CA EM
G19	Nível 2 CA FA
G23	Nível 2 CA CA
G29	Nível 1A CA PE

Tabela A.14: Lista dos docentes do Programa H.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Orlando Bernardo Filho	H1	permanente
2	Gilberto Pessanha Ribeiro	H2	permanente
3	Cristiana Barbosa Bentes	H3	permanente
4	Flavio Joaquim de Souza	H4	permanente
5	Guilherme Lucio Abelha Mota	H5	permanente
6	João Araujo Ribeiro	H6	permanente
7	Jorge Luís Nunes e Silva Brito	H7	permanente
8	José Carlos Penna de Vasconcellos	H8	permanente
9	Luciene Pimentel da Silva	H9	permanente
10	Marcelo Sperle Dias	H10	permanente
11	Margareth Simões Penello Meirelles	H11	permanente
12	Maria Luiza Fernandes Velloso	H12	permanente
13	Neide dos Santos	H13	permanente
14	Oscar Luiz Monteiro de Farias	H14	permanente
15	Sheila Regina Murgel Veloso	H15	permanente

Tabela A.15: Lista dos docentes do Programa H com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
H3	Nível 2 CA CC
H15	Nível 2 CA CC

Tabela A.16: Lista dos docentes do Programa I.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Arthur de Miranda Neto	I1	permanente
2	Bruno Henrique Groenner Barbosa	I2	permanente
3	Daniel Furtado Leite	I3	permanente
4	Danton Diego Ferreira	I4	permanente
5	Demostenes Zegarra Rodriguez	I5	permanente
6	Hector Jorge Rabal	I6	permanente
7	Ricardo Rodrigues Magalhães	I7	permanente
8	Roberto Alves Braga Junior	I8	permanente
9	Tadayuki Yanagi Junior	I9	permanente
10	Wilian Soares Lacerda	I10	permanente
11	Francisco Carlos Gomes	I11	colaborador
12	Daniel Augusto Pereira	I12	colaborador

Tabela A.17: Lista dos docentes do Programa I com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
I4	Nível 2 CA EE
I8	Nível 1D CA EA
I9	Nível 1D CA EA

Tabela A.18: Lista dos docentes do Programa J.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Adilson Pacheco de Souza	J1	colaborador
2	José de Souza Nogueira	J2	permanente
3	José Holanda Campelo Júnior	J3	permanente
4	Sérgio Roberto de Paulo	J4	permanente
5	Thiago Rangel Rodrigues	J5	colaborador
6	Raphael de Souza Rosa Gomes	J6	permanente
7	Peter Zeilhofer	J7	permanente
8	Flávia Maria de Moura Santos	J8	permanente
9	Francisco de Almeida Lobo	J9	permanente
10	Geraldo Lucio Diniz	J10	permanente
11	Luciana Sanches	J11	permanente
12	Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira	J12	permanente
13	George Louis Vourlitis	J13	permanente
14	Carlo Ralph De Musis	J14	permanente
15	Marcelo Sacardi Biudes	J15	permanente
16	Carmen Eugenia Rodríguez Ortíz	J16	permanente
17	Iramaia Jorge Cabral de Paulo	J17	permanente
18	Denilton Carlos Gaio	J18	permanente
19	Nadja Gomes Machado	J19	permanente
20	Osvaldo Borges Pinto Junior	J20	permanente
21	Josiel Maimone de Figueiredo	J21	permanente
22	Paulo Henrique Zanella de Arruda	J22	permanente
23	Leone Francisco Amorim Curado	J23	permanente

Tabela A.19: Lista dos docentes do Programa J com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
J1	Nível 2 CA EA
J2	Nível 1A CA CA
J3	Nível 2 CA AG
J7	Nível 2 CA SA
J12	Nível 2 CA SA
J15	Nível 2 CA CA

Tabela A.20: Lista dos docentes do Programa K.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Alysson Helton Santos Bueno	K1	permanente
2	Ana Cláudia Monteiro Carvalho	K2	colaborador
3	André Luiz Mota	K3	permanente
4	Arnaldo César Pereira	K4	permanente
5	Cláudio de Oliveira	K5	colaborador
6	Clebio Soares Nascimento Junior	K6	permanente
7	Edmar Avellar Soares	K7	colaborador
8	Francisco César de Sá Barreto	K8	colaborador
9	Heron Carlos de Godoy Caldas	K9	permanente
10	Honorina de Fátima Gorgulho	K10	permanente
11	Horacio Wagner Leite Alves	K11	permanente
12	Jefferson Luis Ferrari	K12	permanente
13	Josefredo Rodriguez Pliego Junior	K13	permanente
14	Juan Carlos Paredes Campoy	K14	permanente
15	Keyller Bastos Borges	K15	permanente
16	Kurt Strecker	K16	permanente
17	Lizardo Henrique Cerqueira Moreira Nunes	K17	permanente
18	Luciana Guimarães	K18	permanente
19	Luiz Gustavo de Lima Guimarães	K19	permanente
20	Marcelo Siqueira Valle	K20	permanente
21	Marco Antônio Schiavon	K21	permanente
22	Marco Túlio Raposo	K22	Colaborador
23	Patrícia Benedini Martelli	K23	permanente
24	Ricardo Luciano Soneto Farias	K24	permanente
25	Rafaela Karin de Lima	K25	colaborador
26	Stella Maris Resende	K26	colaborador
27	Thalita Chiaramonte	K27	permanente
28	Túlio Hallak Panzera	K28	permanente
29	Valdir Mano	K29	permanente
30	Wagner Souza Machado	K30	permanente

Tabela A.21: Lista dos docentes do Programa K com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
k4	Nível 2 CANQU
K7	Nível 1D CA FA
K12	Nível 2 CA QU
K13	Nível 1D CA QU
K15	Nível 2 CA QU
K16	Nível 2 CA MM
K21	Nível 2 CA QU
K24	Nível 2 CA FA
K28	Nível 2 CA EM

Tabela A.22: Lista dos docentes do Programa L.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Afonso Celso de Castro Lemonge	L1	permanente
2	Bernardo Martins Rocha	L2	permanente
3	Carlos Cristiano Hasenclever Borges	L3	permanente
4	Ciro de Barros Barbosa	L4	permanente
5	Elson Magalhães Toledo	L5	permanente
6	Felipe dos Santos Loureiro	L6	permanente
7	Flávia de Souza Bastos	L7	permanente
8	Flávio de Souza Barbosa	L8	permanente
9	Grigori Chapiro	L9	permanente
10	Heder Soares Bernardino	L10	permanente
11	Helio José Corrêa Barbosa	L11	permanente
12	Henrique Steinherz Hippert	L12	permanente
13	Leonardo Goliatt da Fonseca	L13	permanente
14	Luis Paulo da Silva Barra	L14	permanente
15	Marcelo Lobosco	L15	permanente
16	Michele Cristina Resende Farage	L16	permanente
17	Patricia Habib Hallak	L17	permanente
18	Priscila Vanessa Zabala Capriles Goliatt	L18	permanente
19	Rafael Alves Bonfim de Queiroz	L19	permanente
20	Rodrigo Weber dos Santos	L20	permanente
21	Saul de Castro Leite	L21	permanente
22	Alexandre Abrahão Cury	L22	colaborador
23	Luciana Conceição Dias Campos	L23	colaborador
24	Raul Fonseca Neto	L24	colaborador
25	Wilhelm Passarella Freire	L25	colaborador

Tabela A.23: Lista dos docentes do Programa L com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
L1	Nível 2 CA EC
L3	Nível 1D CA EC
L8	Nível 2 CA EC
L11	Nível 1C CA EM
L15	Nível 2 CA CC
L16	Nível 2 CA EC
L17	Nível 2 CA EC
L20	Nível 2 CA EE
L22	Nível 2 CA EC

Tabela A.24: Lista dos docentes do Programa M.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Anderson Amendoeira Namen	M1	permanente
2	Antônio José da Silva Neto	M2	permanente
3	Daiara Fernandes de Faria	M3	permanente
4	Diego Campos Knupp	M4	permanente
5	Francisco Duarte Moura Neto	M5	permanente
6	Germano Amaral Monerat	M6	permanente
7	Gustavo Mendes Platt	M7	permanente
8	Helio Pedro Amaral Souto	M8	permanente
9	Hermes Alves Filho	M9	permanente
10	Ivan Napoleão Bastos	M10	permanente
11	Joao Flavio Vieira de Vasconcellos	M11	permanente
12	Joaquim Teixeira de Assis	M12	permanente
13	Julio Cesar Guimarães Tedesco	M13	permanente
14	Leonardo Tavares Stutz	M14	permanente
15	Leôncio Diógenes Tavares Câmara	M15	permanente
16	Luiz Nelio Henderson Guedes de Oliveira	M16	permanente
17	Luiza de Macedo Mourelle	M17	permanente
18	Nadia Nedjah	M18	permanente
19	Pedro Paulo Gomes Watts Rodrigues	M19	permanente
20	Ricardo Carvalho de Barros	M20	permanente
21	Ricardo Fabbri	M21	permanente
22	Roberto Aizik Tenenbaum	M22	permanente
23	Roberto Pinheiro Domingos	M23	permanente

Tabela A.25: Lista dos docentes do Programa M com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
M2	Nível 1A CA EM
M4	Nível 2 CA EM
M5	Nível 2 CA EM
M7	Nível 2 CA EM
M8	Nível 2 CA EM
M9	Nível 2 CA EN
M10	Nível 2 CA MM
M12	Nível 1C CA EN
M16	Nível 1C CA EM
M17	Nível 1D CA CC
M18	Nível 1D CA CC
M20	Nível 1D CA EN
M22	Nível 1D CA EM

Tabela A.26: Lista dos docentes do Programa N.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Abimael Fernando Dourado Loula	N1	permanente
2	Alexandre Loureiro Madureira	N2	permanente
3	Ana Tereza Ribeiro de Vasconcelos	N3	permanente
4	André da Motta Salles Barreto	N4	colaborador
5	Antônio Tadeu Azevedo Gomes	N5	permanente
6	Antonio André Novotny	N6	permanente
7	Artur Ziviani	N7	permanente
8	Augusto Cesar Noronha Rodrigues Galeão	N8	permanente
9	Bruno Richard Schulze	N9	permanente
10	Carla Osthoff Ferreira de Barros	N10	permanente
11	Carlos Emanuel de Souza	N11	permanente
12	Cristiane Oliveira de Faria	N12	permanente
13	Eduardo Lucio Mendes Garcia	N13	colaborador
14	Elson Magalhães Toledo	N14	permanente
15	Fabio Andre Machado Porto	N15	permanente
16	Fábio Borges de Oliveira	N16	colaborador
17	Fábio Lima Custódio	N17	colaborador
18	Frederic Gerard Christian Valentin	N18	permanente
19	Gilberto Oliveira Corrêa	N19	colaborador
20	Gilson Antonio Giraldi	N20	permanente
21	Gustavo Alberto Perla Menzala	N21	permanente
22	Helio José Corrêa Barbosa	N22	permanente
23	Jack Baczynski	N23	permanente
24	Jaime Edilberto Munoz Rivera	N24	permanente
25	Jauvane Cavalcante de Oliveira	N25	permanente
26	Jiang Zhu	N26	permanente
27	João Nisan Correia Guerreiro	N27	permanente
28	José Karam Filho	N28	permanente
29	Kary Ann del Carmen Ocaña Gautherot	N29	colaborador
30	Laurent Emmanuel Dardenne	N30	permanente
31	Luiz Gonzaga Paula de Almeida	N31	permanente
32	Luiz Manoel Rocha Gadella Júnior	N32	colaborador
33	Marc Andre Michael Thorsten Sammeth	N33	permanente
34	Marcelo Dutra Fragoso	N34	permanente
35	Marcelo Trindade dos Santos	N35	colaborador
36	Marcio Arab Murad	N36	permanente
37	Márcio Rentes Borges	N37	colaborador
38	Marcos Garcia Todorov	N38	permanente
39	Marisa Fabiana Nicolás	N39	permanente
40	Maurício Vieira Kritz	N40	permanente
41	Michel Iskin da Silveira Costa	N41	permanente
42	Pablo Javier Blanco	N42	permanente
43	Paulo Antonio Andrade Esquef	N43	permanente
44	Paulo Cesar Marques Vieira	N44	colaborador
45	Pedro Leite da Silva Dias	N45	colaborador

Tabela A.27: Lista dos docentes do Programa N - continuação.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
46	Rafael Lucas Muniz Guedes	N46	permanente
47	Raul Antonino Feijóo	N47	permanente
48	Regina Célia Cerqueira de Almeida	N48	permanente
49	Renato Portugal	N49	permanente
50	Renato Simões Silva	N50	permanente
51	Roberto Pinto Souto	N51	colaborador
52	Sandra Mara Cardoso Malta	N52	permanente

Tabela A.28: Lista dos docentes do Programa N com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
N1	Nível 1A CA EM
N2	Nível 2 CA MA
N3	Nível 1B CA GE
N5	Nível 2 CA CC
N6	Nível 1C CA EM
N7	Nível 1D CA CC
N9	Nível 1D CA CC
N11	Nível 1A CA EE
N15	Nível 2 CA CC
N18	Nível 1C MA CC
N20	Nível 2 CA CC
N21	Nível 1C CA MA
M22	Nível 1C CA EM
N24	Nível 1C CA MA
N26	Nível 2 CA EM
M27	Nível 2 CA 86
N33	Nível 2 CA BF
N34	Nível 1A CA EE
M36	Nível 1A CA EM
N42	Nível 2 CA EM
N45	Nível SR CA CA
M47	Nível 1A CA EM
N48	Nível 2 CA EM
N49	Nível 1D CA CC

Tabela A.29: Lista dos docentes do Programa O.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Adriano De Cezaro	O1	permanente
2	Antonio Gledson Oliveira Goulart	O2	permanente
3	Catia Maria dos Santos	O3	permanente
4	Diana Francisca Adamatti	O4	permanente
5	Elizaldo Domingues dos Santos	O5	permanente
6	Graçaliz Pereira Dimuro	O6	permanente
7	Ivoni Carlos Acunha Junior	O7	permanente
8	Jeferson Avila Souza	O8	permanente
9	Leonardo Ramos Emmendorfer	O9	permanente
10	Liércio André Isoldi	O10	permanente
11	Luiz Alberto Oliveira Rocha	O11	permanente
12	Marcelo Moraes Galarça	O12	permanente
13	Mateus das Neves Gomes	O13	permanente
14	Mauro de Vasconcellos Real	O14	permanente
15	Nisia Krusche	O15	permanente
16	Sebastião Cícero Pinheiro Gomes	O16	permanente
17	Silvia Silva da Costa Botelho	O17	permanente
18	Viviane Leite Dias de Mattos	O18	permanente
19	William Correa Marques	O19	permanente
20	Alessandro de Lima Bicho	O20	colaborador
21	Bárbara Denicol do Amaral Rodriguez	O21	colaborador
22	Elisa Helena Leão Fernandes	O22	colaborador
23	Paulo Roberto de Freitas Teixeira	O23	colaborador

Tabela A.30: Lista dos docentes do Programa O com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
O1	Nível 2 CA MA
O2	Nível 1D CA CA
O5	Nível 2 CA EM
O6	Nível 2 CA CC
O8	Nível 2 CA EM
O10	Nível 2 CA EN
O11	Nível 1B CA EM
O14	Nível 2 CA EC
O17	Nível 1D CA 96
O19	Nível 2 CA OC
O22	Nível 2 CA OC

Tabela A.31: Lista dos docentes do Programa P.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Alan Pedro da Silva	P1	permanente
2	Alejandro César Frery Orgambide	P2	permanente
3	Andre Luiz Lins de Aquino	P3	permanente
4	Arturo Hernández-Domínguez	P4	permanente
5	Aydano Pamponet Machado	P5	permanente
6	Cleide Jane de Sa Araujo Costa	P6	permanente
7	Eduardo Calil de Oliveira	P7	colaborador
8	Eliana Silva de Almeida	P8	permanente
9	Evandro de Barros Costa	P9	permanente
10	Fábio Paraguaçu Duarte da Costa	P10	permanente
11	Flavio Teles de Farias Filho	P11	permanente
12	Manoel Alvaro de Freitas Lins Neto	P12	permanente
13	Marcelo Costa Oliveira	P13	permanente
14	Marcus de Melo Braga	P14	permanente
15	Michelle Jacintha Cavalcante Oliveira	P15	permanente
16	Heitor Soares Ramos Filho	P16	permanente
17	Henrique Pacca Loureiro Luna	P17	permanente
18	Ig Ibert Bittencourt Santana Pinto	P18	permanente
19	João Inácio Soletti	P19	colaborador
20	Jorge Artur Peçanha de Miranda Coelho	P20	permanente
21	Leonardo Viana Pereira	P21	colaborador
22	Luis Cláudius Coradine	P22	permanente
23	Patrick Henrique da Silva Brito	P23	permanente
24	Raquel da Silva Cabral	P24	colaborador
25	Roberta Vilhena Vieira Lopes	P25	permanente
26	Thiago Sotero Fragoso	P26	permanente

Tabela A.32: Lista dos docentes do Programa P com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
P2	Nível 1B CA CC
P3	Nível 2 CA CC
P7	Nível 1D CA ED
P16	Nível 2 CA CC
P18	Nível 2 CA 93
P19	Nível 2 CA 96

Tabela A.33: Lista dos docentes do Programa Q.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Alex Alisson Bandeira Santos	Q1	permanente
2	Bruna Aparecida Souza Machado	Q2	permanente
3	Camila de Sousa Pereira-Guizzo	Q3	permanente
4	Davidson Martins Moreira	Q4	permanente
5	Francisco Uchoa Passos	Q5	permanente
6	Gilney Figueira Zebende	Q6	permanente
7	Hernane Borges de Barros Pereira	Q7	permanente
8	Ivan Costa da Cunha Lima	Q8	colaborador
9	Josemar Rodrigues de Souza	Q9	colaborador
10	Lílian Lefol Nani Guarieiro	Q10	permanente
11	Luzia Aparecida Tofaneli	Q11	permanente
12	Lynn Rosalina Gama Alves	Q12	permanente
13	Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves	Q13	permanente
14	Paulo Soares Figueiredo	Q14	permanente
15	Renelson Ribeiro Sampaio	Q15	permanente
16	Roberto Luiz Souza Monteiro	Q16	permanente
17	Valeria Loureiro da Silva	Q17	colaborador
18	Valter de Senna	Q18	permanente
19	Valter Estevão Beal	Q19	permanente

Tabela A.34: Lista dos docentes do Programa Q com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
Q1	Nível 2 CA 86
Q4	Nível 1C CA CA
Q6	Nível 2 CA FA
Q8	Nível 1
Q12	Nível 2 CA 93
Q13	Nível 1D CA FA
Q15	Nível A

Tabela A.35: Lista dos docentes do Programa R.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	André Gusso	R1	permanente
2	Aquino Lauri de Espíndola	R2	permanente
3	Cecilia Toledo Hernández	R3	permanente
4	Cleber de Almeida Corrêa Junior	R4	permanente
5	Cleyton Senior Stampa	R5	permanente
6	Diomar Cesar Lobão	R6	permanente
7	Eliane da Silva Christo	R7	permanente
8	Emerson Souza Freire	R8	permanente
9	Gustavo Benitez Alvarez	R9	permanente
10	Gustavo Silva Semaan	R10	permanente
11	Jorge Ferreira	R11	permanente
12	José Flávio Silveira Feiteira	R12	permanente
13	Luís Alberto Duncan Rangel	R13	permanente
14	Panters Rodriguez Bermudez	R14	permanente
15	Paulo Rangel Rios	R15	permanente
16	Ricardo Henriques Leal	R16	permanente
17	Rosilene Abreu Portella Corrêa	R17	permanente
18	Thadeu Josino Pereira Penna	R18	permanente
19	Thiago Jordem Pereira	R19	colaborador
20	Tiago Araújo Neves	R20	permanente
21	Tibério Borges Vale	R21	permanente
22	Wagner Rambaldi Telles	R22	permanente
23	Wellington Gomes Dantas	R23	permanente
24	Wesley Luiz da Silva Assis	R24	permanente
25	Yoisell Rodríguez Núñez	R25	permanente
26	Peter Konstantinov Petrov	R26	colaborador
27	Vanessa da Silva Garcia	R27	colaborador

Tabela A.36: Lista dos docentes do Programa S.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Alexandre Ferreira Ramos	S1	permanente
2	Ana Amélia Benedito Silva	S2	permanente
3	André Cavalcanti Rocha Martins	S3	permanente
4	Andrea Leite Rodrigues	S4	permanente
5	Camilo Rodrigues Neto	S5	permanente
6	Candido Ferreira Xavier de Mendonça Neto	S6	permanente
7	Carla Morsello	S7	permanente
8	Carlos de Brito Pereira	S8	permanente
9	Cristina Adams	S9	permanente
10	Diego Antonio Falceta Gonçalves	S10	permanente
11	Esteban Fernandez Tuesta	S11	permanente
12	Fernando de Souza Coelho	S12	permanente
13	Fernando Fagundes Ferreira	S13	permanente
14	Flávia Mori Sarti	S14	permanente
15	Francisco Javier Sebastian Mendizabal Alvarez	S15	permanente
16	José Ricardo Gonçalves de Mendonça	S16	permanente
17	Marcone Corrêa Pereira	S17	permanente
18	Masayuki Oka Hase	S18	permanente
19	Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli	S19	permanente

Tabela A.37: Lista dos docentes do Programa T.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Aloisio Machado da Silva Filho	T1	permanente
2	Ardemirio de Barros Silva	T2	permanente
3	Caio Graco Machado Santos	T3	permanente
4	Carlos Antonio de Souza Teles Santos	T4	permanente
5	Carlos César Uchôa de Lima	T5	permanente
6	Carlos Eduardo Veiga de Carvalho	T6	permanente
7	Charles Novaes de Santana	T7	colaborador
8	Clovís Carib'e Menezes dos Santos	T8	permanente
9	Edna Maria de Araújo	T9	permanente
10	Edson Eyji Sano	T10	permanente
11	Fábio Pedro Souza de Ferreira Bandeira	T11	colaborador
12	Flávio Jorge Ponzoni	T12	permanente
13	Francisco José Bezerra Souto	T13	colaborador
14	George Olavo Mattos e Silva	T14	permanente
15	Gustavo Macedo de Mello Baptista	T15	permanente
16	Jocimara Souza Britto Lobão	T16	permanente
17	José Garcia Vivas Miranda	T17	colaborador
18	Joselisa Maria Chaves	T18	permanente
19	Luciana Bagdeve de Oliveira dos Santos	T19	colaborador
20	Luiz Antonio Ferraro Júnior	T20	colaborador
21	Marjorie Cseko Nolasco	T21	permanente
22	Paulo de Tarso Amorim Castro	T22	permanente
23	Priscila Paixão Lopes	T23	colaborador
24	Rodrigo Nogueira de Vasconcelos	T24	colaborador
25	Rosângela Leal Santos	T25	permanente
26	Suzana Modesto de Oliveira Brito	T26	colaborador
27	Táise Bomfim de Jesus	T27	permanente
28	Washington de Jesus Sant'Anna da Franca Rocha	T28	permanente
29	Willian Moura de Aguiar	T29	visitante

Tabela A.38: Lista dos docentes do Programa T com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
T10	Nível 1D CA CA
T12	Nível 2 CA GC
T16	Nível C
T17	Nível 2 CA FA

Tabela A.39: Lista dos docentes do Programa U.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Airam Teresa Zago Romcy Sausen	U1	permanente
2	Alexandre Cunha Oliveira	U2	permanente
3	Antonio Carlos Valdiero	U3	permanente
4	Daniel Curvello de Mendonça Müller	U4	permanente
5	Douglas Camponogara	U5	permanente
6	Fabricia Carneiro Roos Frantz	U6	permanente
7	José Antonio Gonzalez da Silva	U7	colaborador
8	Luiz Antônio Rasia	U8	permanente
9	Manuel Martín Pérez Reibold	U9	permanente
10	Manuel Osorio Binelo	U10	permanente
11	Oleg Khatchatourian	U11	colaborador
12	Paulo Sérgio Sausen	U12	permanente
13	Rafael Corchuelo	U13	colaborador
14	Rafael Zancan Frantz	U14	permanente
15	Sandro Sawicki	U15	permanente
16	Vitor Manuel Basto Fernandes	U16	permanente

Tabela A.40: Lista dos docentes do Programa U com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
U2	Nível 2 CA 86
U3	Nível 2 CA 96
U5	Nível E
U7	Nível 2 CA AG
U12	Nível 2 CA CC

Tabela A.41: Lista dos docentes do Programa V.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Adriano Cesar Machado Pereira	V1	permanente
2	Allbens Atman Picardi Faria	V2	permanente
3	Anisio Mendes Lacerda	V3	permanente
4	Antônio Paulo Baêta Scarpelli	V4	permanente
5	Arthur Rodrigo Bosco de Magalhães	V5	permanente
6	Breno Rodrigues Lamaghère Galvão	V6	permanente
7	Elizabeth Fialho Wanner	V7	permanente
8	Flávio Luis Cardeal Pádua	V8	permanente
9	Flávio Vinícius Cruzeiro Martins	V9	permanente
10	Giancarlo Queiroz Pellegrino	V10	permanente
11	Gray Farias Moita	V11	permanente
12	Henrique Elias Borges	V12	permanente
13	José Geraldo Peixoto de Faria	V13	permanente
14	José Luiz Acebal Fernandes	V14	permanente
15	Leonardo dos Santos Lima	V15	permanente
16	Marcone Jamilson Freitas Souza	V16	permanente
17	Paulo Eduardo Maciel de Almeida	V17	permanente
18	Rodrigo Tomás Nogueira Cardoso	V18	permanente
19	Rogério Martins Gomes	V19	permanente
20	Sergio Ricardo de Souza	V20	permanente
21	Thiago de Souza Rodrigues	V21	permanente
22	Vinícius Fernandes dos Santos	V22	permanente
23	Cristina Duarte Murta	V23	colaborador
24	Fernando Antonio Campos Gomide	V24	colaborador
25	Thiago Gomes de Mattos	V25	colaborador

Tabela A.42: Lista dos docentes do Programa V com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
V2	Nível 2 CA FA
V4	Nível 2 CA FA
V6	Nível 2 CA FA
V8	Nível 2 CA 92
V9	Nível B
V13	Nível 2 CA FA
V16	Nível 2 CA PE
V22	Nível 2 CA CC
V24	Nível 1A CA EE

Tabela A.43: Lista dos docentes do Programa W.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Alexandre de Bustamante Simas	W1	permanente
2	Ana Paula Pintado Wyse	W2	permanente
3	André Jacomel Torii	W3	colaborador
4	Andréa Vanessa Rocha	W4	permanente
5	Antônio José Boness dos Santos	W5	permanente
6	Gerd Bruno da Rocha	W6	colaborador
7	Hugo Leonardo Davi de Souza Cavalcante	W7	permanente
8	Jairo Rocha de Faria	W8	permanente
9	Marcelo Rodrigo Portela Ferreira	W9	permanente
10	Sérgio de Carvalho Bezerra	W10	permanente

Tabela A.44: Lista dos docentes do Programa W com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
W1	Nível 2 CA MA
W4	Nível 2 CA MA
W6	Nível 1D CA QU

Tabela A.45: Lista dos docentes do Programa X.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Ana Maria Gondim Valença	X1	permanente
2	Ana Tereza Medeiros Cavalcanti da Silva	X2	permanente
3	Anna Alice Figueirêdo de Almeida	X3	permanente
4	Caliandra Maria Bezerra Luna Lima	X4	colaborador
5	Cesar Cavalcanti da Silva	X5	permanente
6	Eufrásio de Andrade Lima Neto	X6	permanente
7	Flávia Emília Leite de Lima Ferreira	X7	colaborador
8	Hemílio Fernandes Campos Coelho	X8	colaborador
9	João Agnaldo do Nascimento	X9	permanente
10	Joseberg Moura de Andrade	X10	permanente
11	Jozemar Pereira dos Santos	X11	colaborador
12	Jordana de Almeida Nogueira	X12	colaborador
13	Kátia Suely Queiroz Silva Ribeiro	X13	permanente
14	Liliane dos Santos Machado	X14	permanente
15	Luiz Medeiros de Araujo Lima Filho	X15	colaborador
16	Neir Antunes Paes	X16	permanente
17	Rodrigo Pinheiro de Toledo Vianna	X17	permanente
18	Ronei Marcos de Moraes	X18	permanente
19	Sérgio Ribeiro dos Santos	X19	permanente
20	Tarciana Liberal Pereira	X20	permanente
21	Tatiene Correia de Souza	X21	permanente
22	Ulisses Umbelino dos Anjos	X22	permanente

Tabela A.46: Lista dos docentes do Programa X com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
X12	Nível 1D CA EF
X14	Nível 1D CA 92
X16	Nível 1D CA SA
X18	Nível 2 CA 92

Tabela A.47: Lista dos docentes do Programa Y.

Índices	Docentes	Rótulos	Professor
1	Aline Ferreira Ourique	Y1	permanente
2	Carina Rodrigues Boeck	Y2	permanente
3	Cláudia Lange dos Santos	Y3	permanente
4	Cristiane Luchese	Y4	permanente
5	Eder Maiquel Simão	Y5	permanente
6	Ivana Zanella da Silva	Y6	permanente
7	Jussane Rossato	Y7	permanente
8	Liana da Silva Fernandes	Y8	permanente
9	Luis Otavio de Sousa Bulhões	Y9	permanente
10	Luiz Carlos Rodrigues Junior	Y10	permanente
11	Patrícia Gomes	Y11	permanente
12	Renata Platcheck Raffin	Y12	permanente
13	Roberto Christ Vianna Santos	Y13	permanente
14	Rodrigo de Almeida Vaucher	Y14	permanente
15	Sergio Roberto Mortari	Y15	permanente
16	Solange Binotto Fagan	Y16	permanente
17	Solange Cristina da Silva	Y17	permanente
18	Tiago Moreno Volkmer	Y18	permanente
19	Virginia Cielo Rech	Y19	permanente
20	Antonio Gomes de Souza Filho	Y20	colaborador
21	Giovani Rubert Librelotto	Y21	colaborador

Tabela A.48: Lista dos docentes do Programa Y com Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq.

Docentes	Bolsa de Produtividade em pesquisa do CNPq
Y2	Nível 2 CA BF
Y16	Nível 1D CA FA
Y20	Nível 1B CA FA

Apêndice B

Grafos das Redes de Coautoria do Programa A: Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

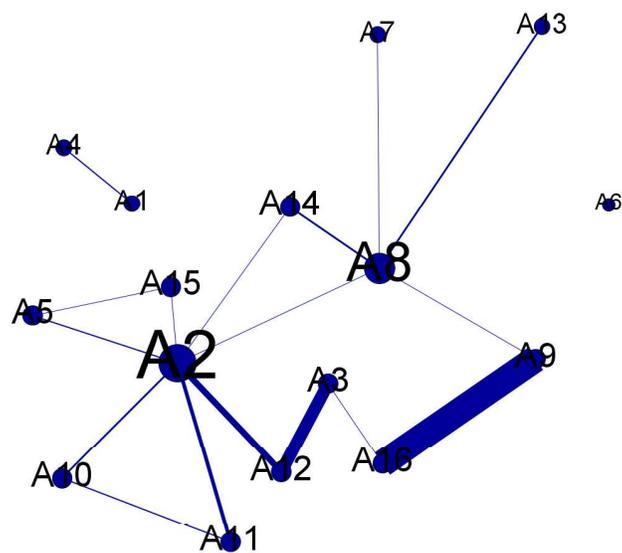


Figura B.1: rede de coautoria do Programa A com rótulos.

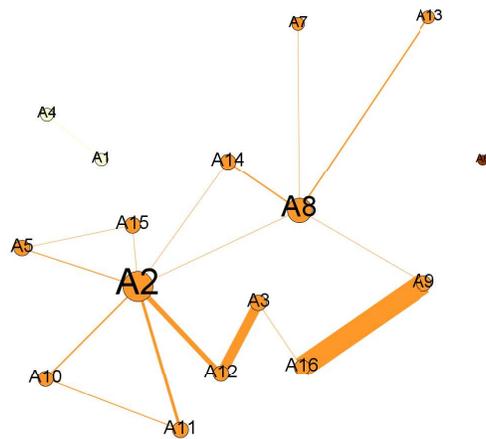


Figura B.2: rede de coautoria do Programa A - Componentes com rótulos.

Classificar	Rótulo
2	A6
1	A2
1	A3
1	A5
1	A7
1	A8
1	A9
1	A10
1	A11
1	A12
1	A13
1	A14
1	A15
1	A16
0	A1
0	A4

Figura B.3: rede de coautoria do programa A - classificação em relação as componentes.

Note que na classe 2 temos 1 vértices, na classe 1 temos 13 vértices e na classe 0 temos 2 vértices.

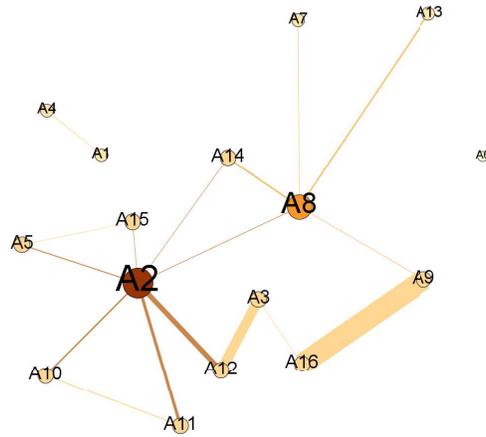


Figura B.4: rede de coautoria do programa A - *hubs* com rótulos.

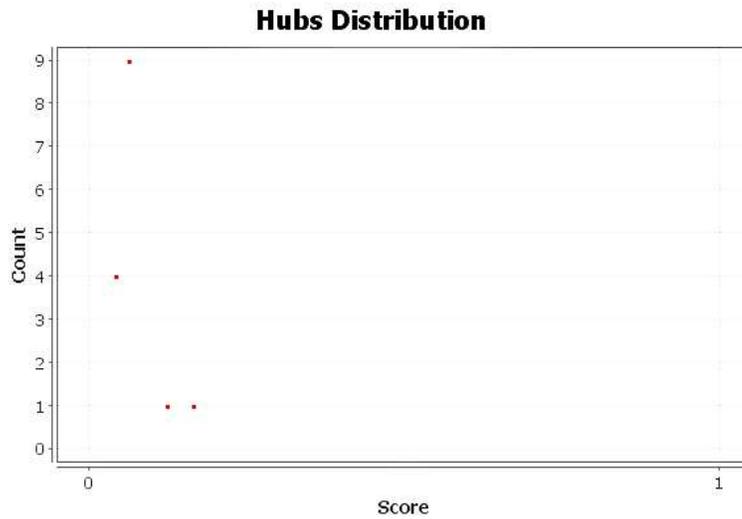


Figura B.5: distribuição dos *hubs* da Rede de Coautoria do Programa A.

Note que temos 4 tons de cor para os *hubs*, que corresponde aos 4 pontos dessa distribuição. Assim, o eixo das abcissas representa esses pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices que cada ponto representa, ou seja, o primeiro ponto representa o grupo formado com os 4 vértices que são os menores *hubs* da rede, e assim por diante. Na Figura B.6 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
0,1632653	A2
0,12244898	A8
0,06122449	A3
0,06122449	A5
0,06122449	A9
0,06122449	A10
0,06122449	A11
0,06122449	A12
0,06122449	A14
0,06122449	A15
0,06122449	A16
0,040816326	A1
0,040816326	A4
0,040816326	A7
0,040816326	A13
0,0	A6

Figura B.6: rede de coautoria do Programa A - *hubs*. Classificação em relação aos *hubs*.

A primeira coluna representa a variação dos tons de cores dos *hubs*, no intervalo de 0 a 0,1632653.

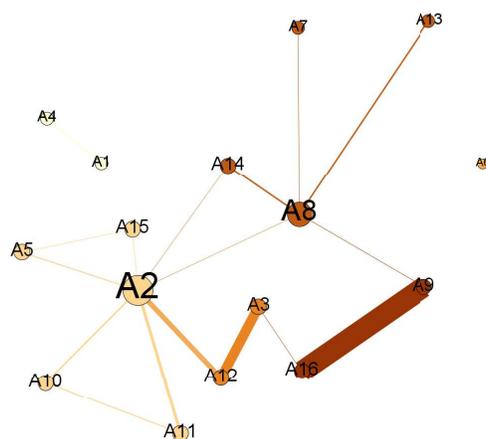


Figura B.7: rede de coautoria do programa A - modularidade com rótulos.

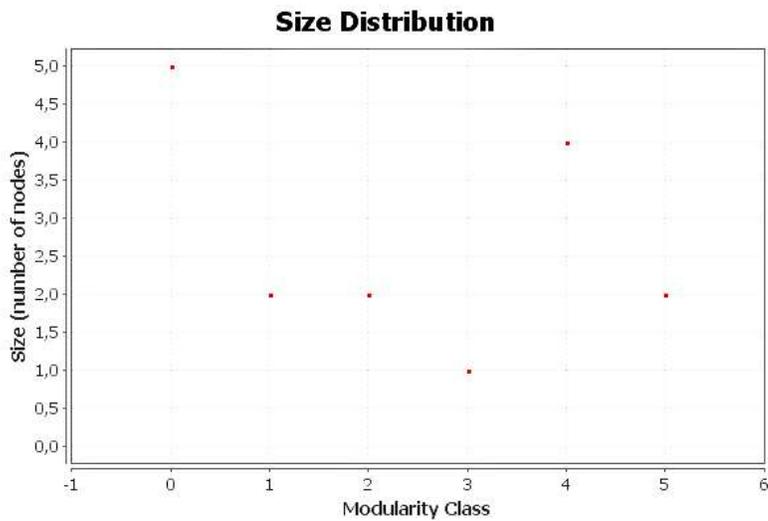


Figura B.8: distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa A.

Note que as comunidades estão organizadas em classes numeradas de 0 a 5, no eixo das abcissas. Enquanto o eixo das ordenadas temos número de vértices que cada classe possui. Assim, a classe 0 possui 5 vértices, a classe 1 tem 2 vértices, e assim por diante. Na Figura B.9 temos a Tabela referente a esta distribuição.

Classificar	Rótulo
5	A9
5	A16
4	A7
4	A8
4	A13
4	A14
3	A3
3	A12
2	A6
1	A2
1	A5
1	A10
1	A11
1	A15
0	A1
0	A4

Figura B.9: rede de coautoria do programa A - classificação em relação as comunidades.

Note que na classe 5 temos 2 vértices, na classe 4 temos 4 vértices e assim por diante.

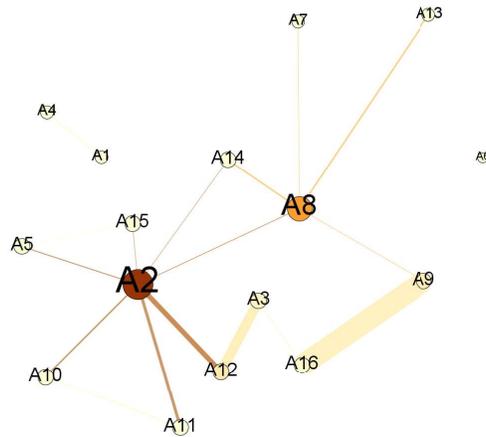


Figura B.10: rede de Coautoria do Programa A - A Centralidade de Intermediação com rótulos.

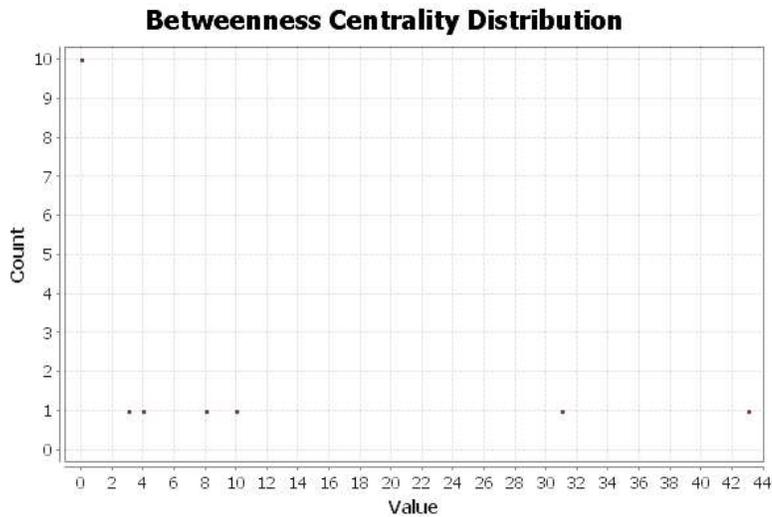


Figura B.11: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do programa A.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor, ou seja, temos 10 vértices com centralidade de intermediação igual a zero e assim por diante. Na Figura B.12 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
43.0	A2
31.0	A8
10.0	A12
8.0	A9
4.0	A3
3.0	A16
0.0	A1
0.0	A4
0.0	A5
0.0	A6
0.0	A7
0.0	A10
0.0	A11
0.0	A13
0.0	A14
0.0	A15

Figura B.12: rede de coautoria do programa A - Classificação em relação a centralidade de intermediação.

Note que temos um vértice que a centralidade de intermediação igual a 43, outro centralidade de intermediação igual a 31 e assim por diante.

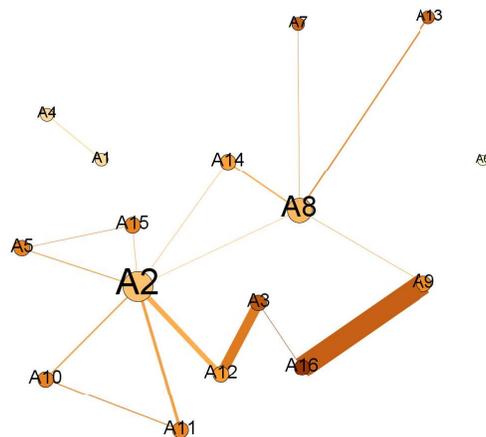


Figura B.13: rede de Coautoria do Programa A - A Centralidade de Proximidade com rótulos.

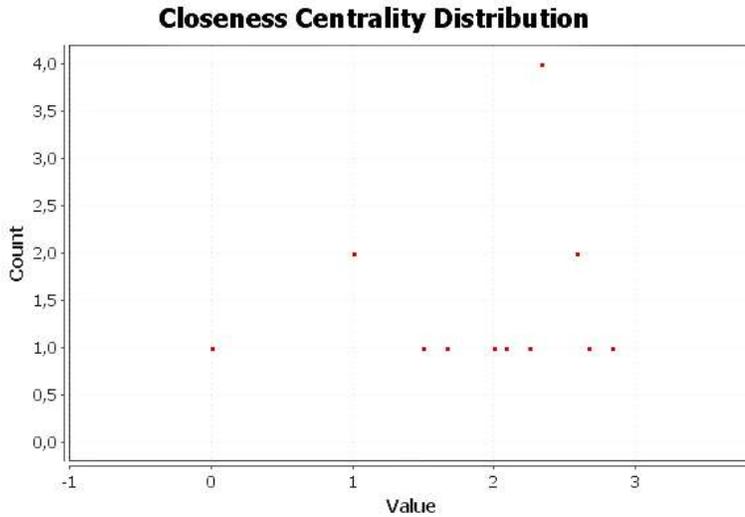


Figura B.14: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do programa A.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor, ou seja, temos 1 vértice com centralidade de proximidade igual a 0, 2 vértice com centralidade de proximidade igual a 1 e assim por diante. Na Figura B.15 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
2.8333333333333335	A16
2.6666666666666665	A3
2.5833333333333335	A7
2.5833333333333335	A13
2.3333333333333335	A5
2.3333333333333335	A10
2.3333333333333335	A11
2.3333333333333335	A15
2.25	A9
2.0833333333333335	A12
2.0	A14
1.6666666666666667	A8
1.5	A2
1.0	A1
1.0	A4
0.0	A6

Figura B.15: rede de coautoria do programa A - classificação em relação a centralidade de proximidade.

Note que temos um vértice que a centralidade de proximidade igual a 0,83, aproximadamente, e assim por diante.

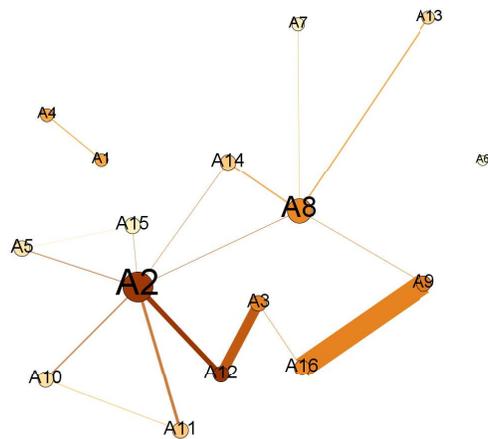


Figura B.16: rede de coautoria do programa A - *rank* de Colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
2.16322	A12
2.10654	A2
1.43806	A9
1.35621	A3
1.33145	A8
1.32105	A16
1,0	A1
1,0	A4
0.705081	A11
0.640733	A14
0.553585	A13
0.422978	A10
0.398795	A5
0.284528	A7
0.277762	A15
0.15	A6

Figura B.17: rede de coautoria do programa A - classificação em relação a colaboração.

A primeira coluna representa a variação dos tons de cores do *rank* de Colaboração, no intervalo de 0,15 a 2,16322.

Apêndice C

Grafos das Redes de Coautoria do Programa B: Bioengenharia - UFSJ - MG.

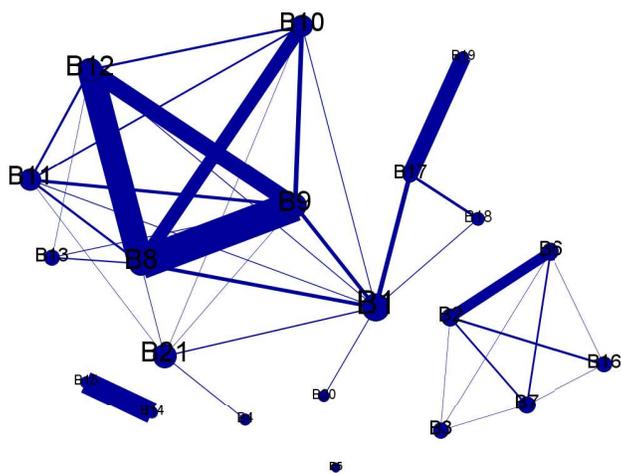


Figura C.1: rede de coautoria do Programa B com rótulos.

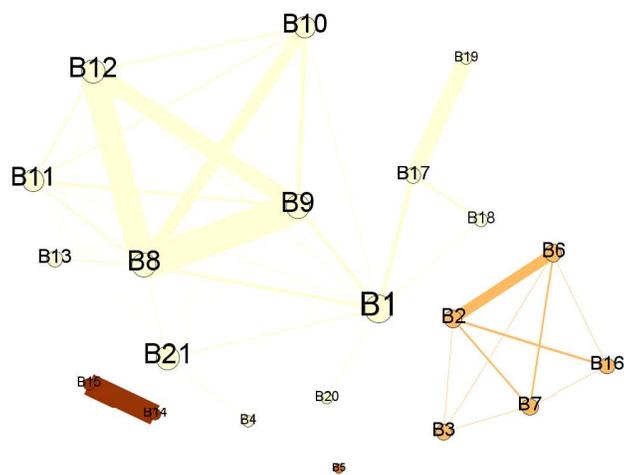


Figura C.2: rede de Coautoria do Programa B - Componentes com rótulos.

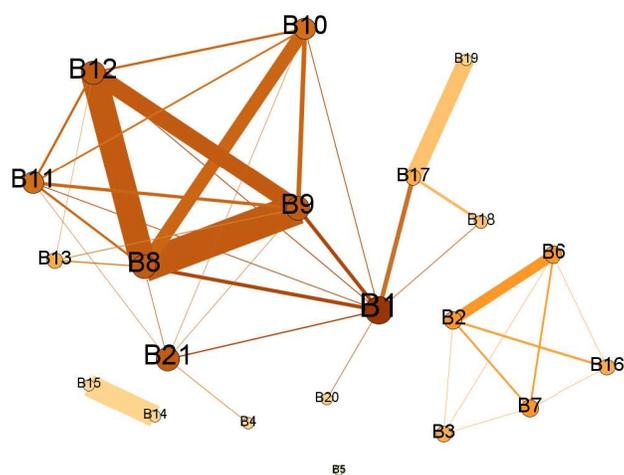


Figura C.3: rede de coautoria do programa B - hubs com rótulos.



Figura C.4: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa B.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.1	B1
0.08	B8
0.08	B9
0.08	B12
0.08	B21
0.07	B10
0.07	B11
0.05	B2
0.05	B6
0.05	B7
0.04	B3
0.04	B13
0.04	B16
0.04	B17
0.03	B18
0.02	B4
0.02	B14
0.02	B15
0.02	B19
0.02	B20
0.0	B5

Figura C.5: rede de coautoria do programa B - *hubs*. classificação em relação aos *hubs*.

A primeira coluna representa a variação dos tons de cores dos *hubs*, no intervalo de 0 a 0,1.

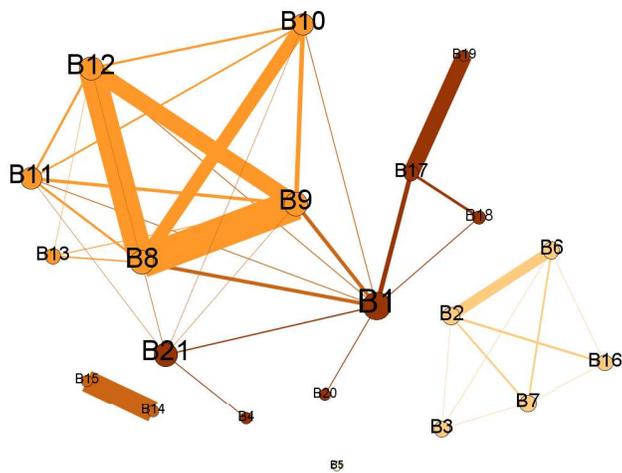


Figura C.6: rede de Coautoria do Programa B - Modularidade com rótulos.

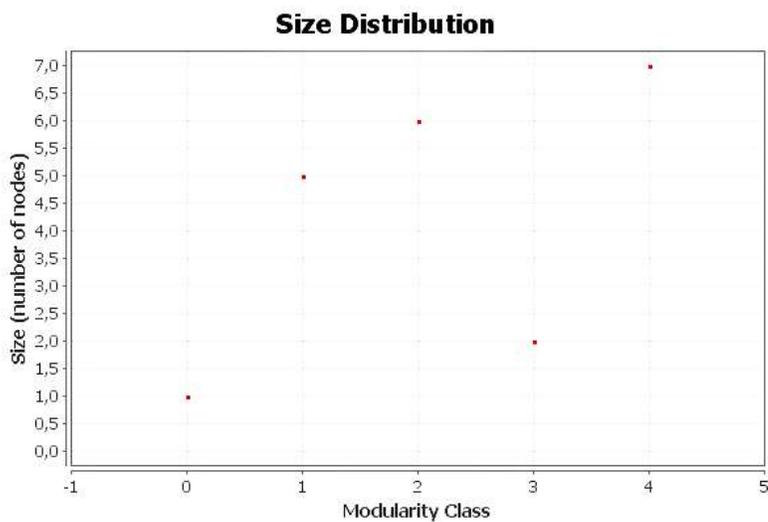


Figura C.7: distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa B.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura C.8 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
4	B1
4	B4
4	B17
4	B18
4	B19
4	B20
4	B21
3	B14
3	B15
2	B8
2	B9
2	B10
2	B11
2	B12
2	B13
1	B2
1	B3
1	B6
1	B7
1	B16
0	B5

Figura C.8: rede de coautoria do programa B - classificação em relação as comunidades.

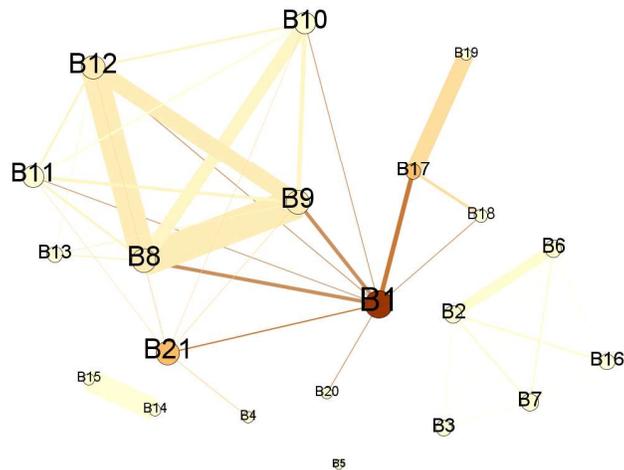


Figura C.9: rede de Coautoria do Programa B - A Centralidade de Intermediação com rótulos.

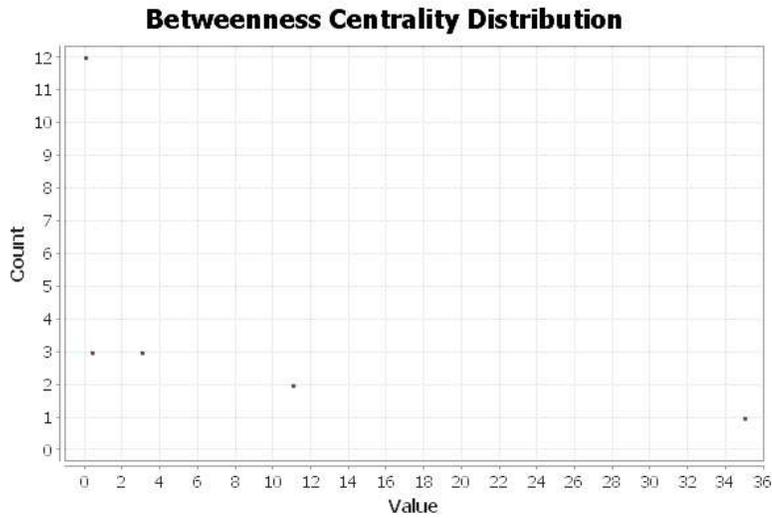


Figura C.10: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do programa B.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura C.11 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
35.0	B1
11.0	B17
11.0	B21
2.9999999999999999	B8
2.9999999999999999	B9
2.9999999999999999	B12
0.3333333333333333	B2
0.3333333333333333	B6
0.3333333333333333	B7
0.0	B3
0.0	B4
0.0	B5
0.0	B10
0.0	B11
0.0	B13
0.0	B14
0.0	B15
0.0	B16
0.0	B18
0.0	B19
0.0	B20

Figura C.11: rede de coautoria do programa B - Classificação em relação a centralidade de intermediação.

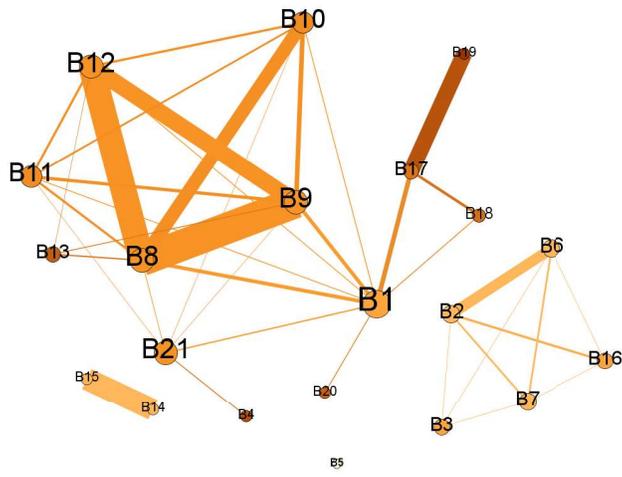


Figura C.12: rede de Coautoria do Programa B - A Centralidade de Proximidade com rótulos.

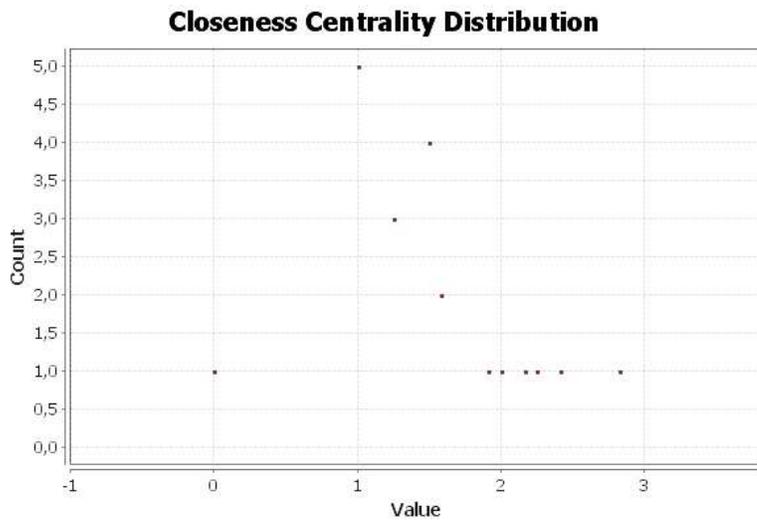


Figura C.13: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do programa B.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura C.14 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
2.8333333333333335	B19
2.4166666666666665	B4
2.25	B13
2.1666666666666665	B20
2.0	B18
1.9166666666666667	B17
1.5833333333333333	B10
1.5833333333333333	B11
1.5	B8
1.5	B9
1.5	B12
1.5	B21
1.25	B1
1.25	B3
1.25	B16
1.0	B2
1.0	B6
1.0	B7
1.0	B14
1.0	B15
0.0	B5

Figura C.14: rede de coautoria do programa B - classificação em relação a centralidade de proximidade.

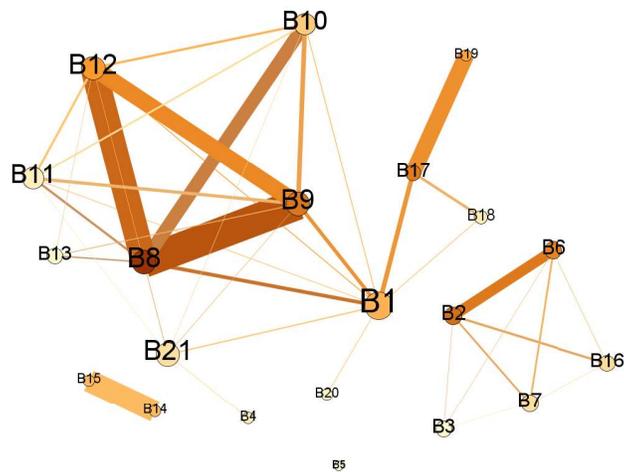


Figura C.15: rede de coautoria do programa B - rank de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
2.71486	B8
1.95896	B2
1.85576	B9
1.80815	B17
1.70185	B6
1.40195	B12
1.27333	B19
1.11432	B1
1.0	B14
1.0	B15
0.790785	B10
0.575669	B16
0.549135	B7
0.539551	B21
0.384857	B18
0.335695	B4
0.318693	B11
0.234284	B13
0.227778	B20
0.214392	B3
0.15	B5

Figura C.16: rede de coautoria do programa B - classificação em relação a colaboração.

A primeira coluna representa a variação dos tons de cores do *rank* de colaboração, no intervalo de 0,15 a 2,71486.

Apêndice D

Grafos das Redes de Coautoria do Programa C: Bioinformática - UFPR, PR.

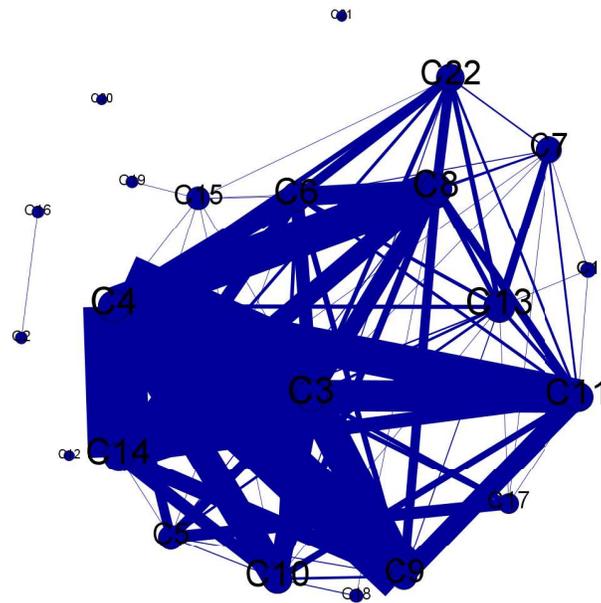


Figura D.1: rede de coautoria do Programa C com rótulos.

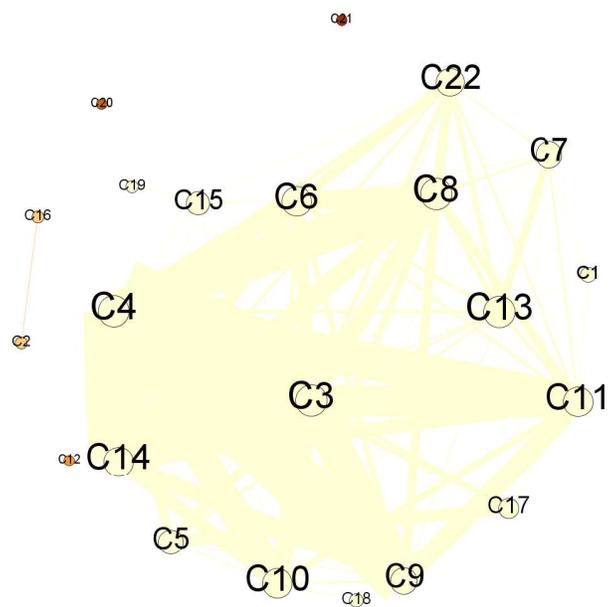


Figura D.2: rede de Coautoria do Programa C - Componentes rótulos.

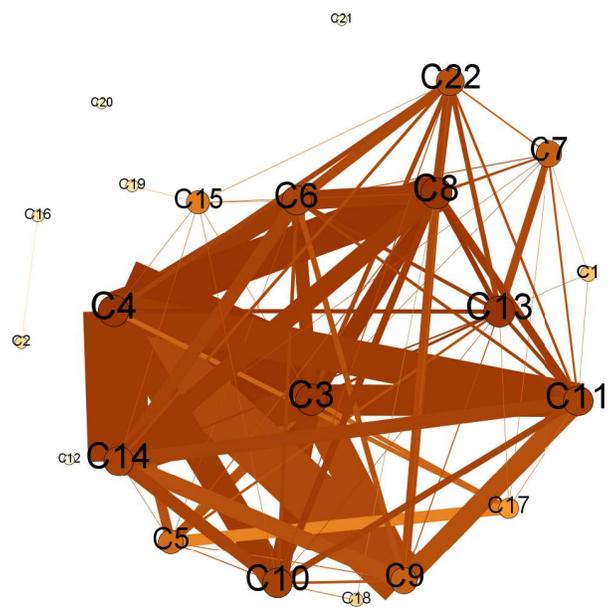


Figura D.3: rede de coautoria do programa C - *hubs* rótulos.

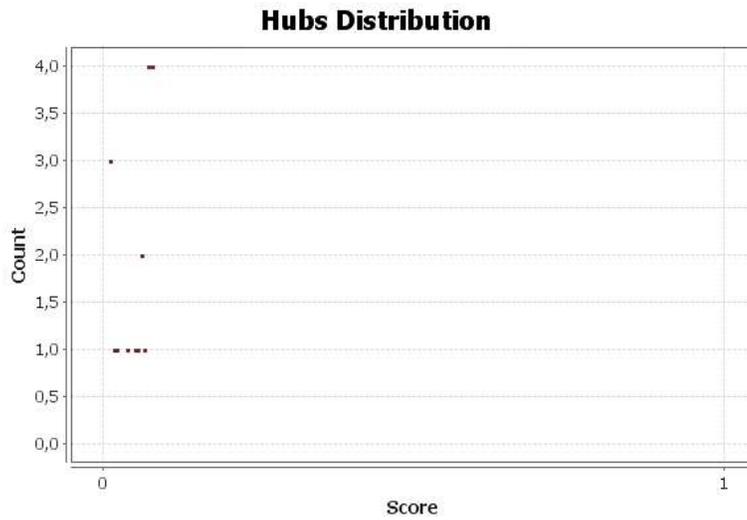


Figura D.4: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa C.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.07734807	C3
0.07734807	C4
0.07734807	C8
0.07734807	C13
0.0718232	C6
0.0718232	C10
0.0718232	C11
0.0718232	C14
0.06629834	C22
0.06077348	C7
0.06077348	C9
0.055248618	C5
0.049723756	C15
0.038674034	C17
0.022099448	C1
0.016574586	C18
0.011049724	C2
0.011049724	C16
0.011049724	C19
0.0	C12
0.0	C20
0.0	C21

Figura D.5: rede de coautoria do programa C - classificação em relação aos *hubs*.

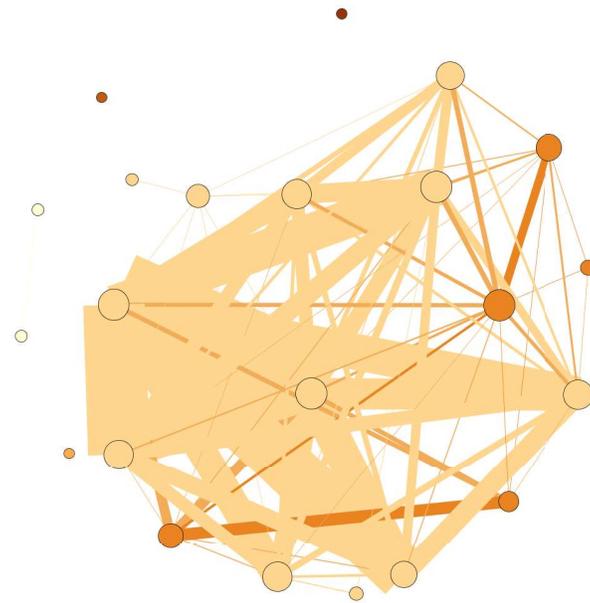


Figura D.6: rede de coautoria do programa C - modularidade com rótulos.

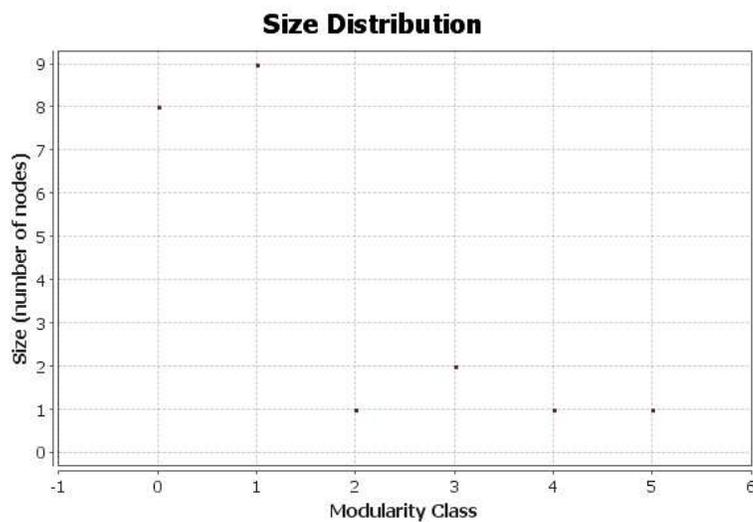


Figura D.7: distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa C.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura D.8 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
5	C21
4	C20
3	C1
3	C5
3	C7
3	C13
3	C17
2	C12
1	C3
1	C4
1	C6
1	C8
1	C9
1	C10
1	C11
1	C14
1	C15
1	C18
1	C19
1	C22
0	C2
0	C16

Figura D.8: rede de coautoria do programa C - classificação em relação a modularidade.

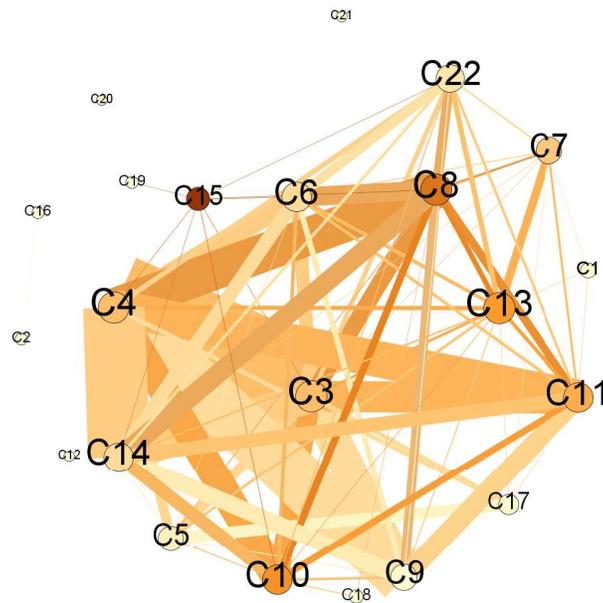


Figura D.9: rede de Coautoria do Programa C - A Centralidade de Intermediação com rótulos.

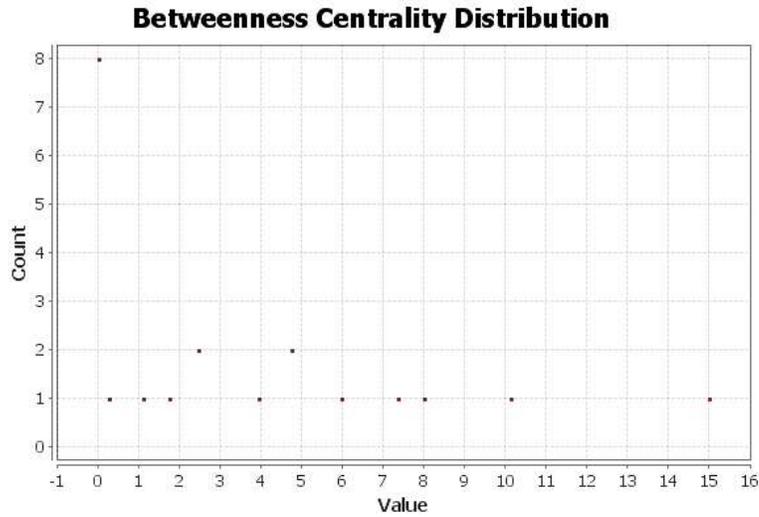


Figura D.10: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa C.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura D.11 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
2.5	C19
2.0625	C1
2.0625	C18
1.75	C17
1.5625	C15
1.5	C5
1.4375	C7
1.4375	C9
1.3125	C11
1.3125	C22
1.25	C6
1.25	C10
1.25	C13
1.25	C14
1.1875	C3
1.1875	C4
1.1875	C8
1.0	C2
1.0	C16
0.0	C12
0.0	C20
0.0	C21

Figura D.11: rede de coautoria do Programa C - classificação em relação a centralidade de intermediação.

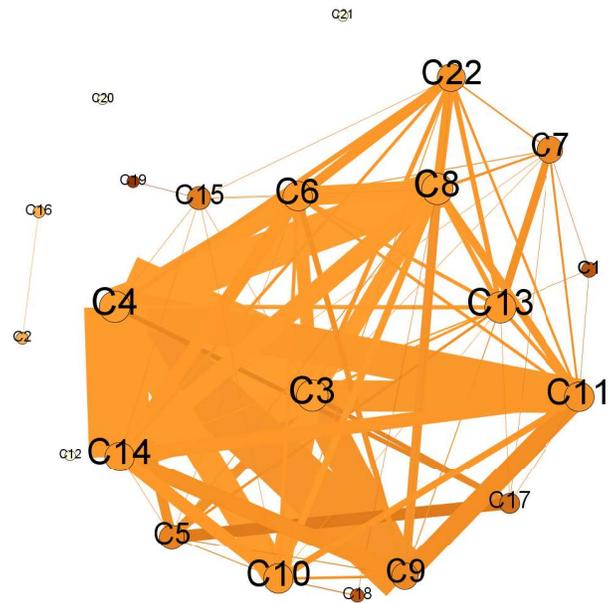


Figura D.12: rede de Coautoria do Programa C - A Centralidade de Proximidade com rótulos.

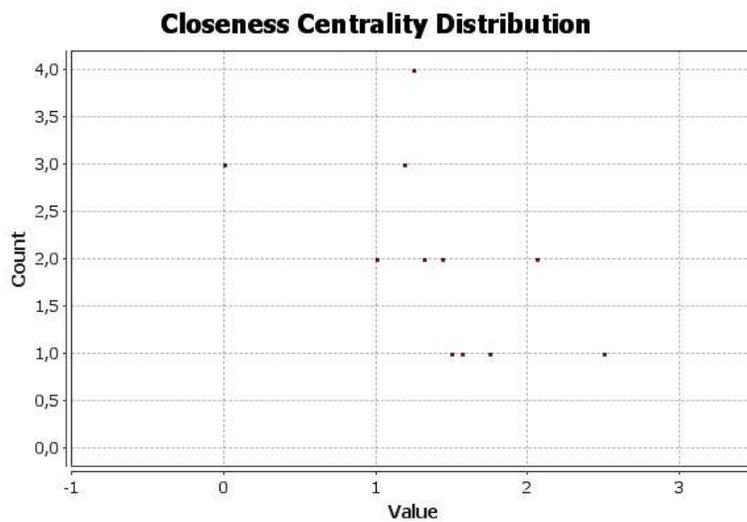


Figura D.13: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa C.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura D.14 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
1.0	C1
1.0	C18
0.9555555555555556	C9
0.8909090909090909	C22
0.8666666666666667	C17
0.8611111111111112	C5
0.8484848484848485	C6
0.8484848484848485	C14
0.782051282051282	C3
0.782051282051282	C4
0.7575757575757576	C10
0.7555555555555555	C7
0.75	C15
0.7424242424242424	C11
0.7307692307692307	C8
0.7307692307692307	C13
0.0	C2
0.0	C12
0.0	C16
0.0	C19
0.0	C20
0.0	C21

Figura D.14: rede de coautoria do programa C - classificação em relação a centralidade de proximidade.

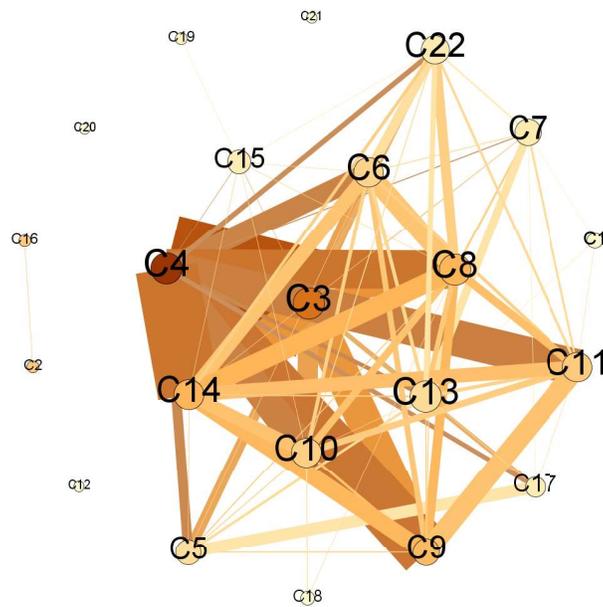


Figura D.15: rede de coautoria do programa C - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
3.60443	C4
2.51862	C3
1.38443	C8
1.38054	C14
1.29241	C9
1.01411	C11
1.0	C2
1.0	C16
0.943404	C10
0.876871	C6
0.716192	C13
0.706295	C5
0.487605	C7
0.476946	C22
0.453984	C15
0.449791	C17
0.34557	C19
0.180957	C18
0.167851	C1
0.15	C12
0.15	C20
0.15	C21

Figura D.16: rede de coautoria do programa C - classificação em relação a colaboração.

Apêndice E

Grafos das Redes de Coautoria do Programa D: Biometria - UNESP, SP.

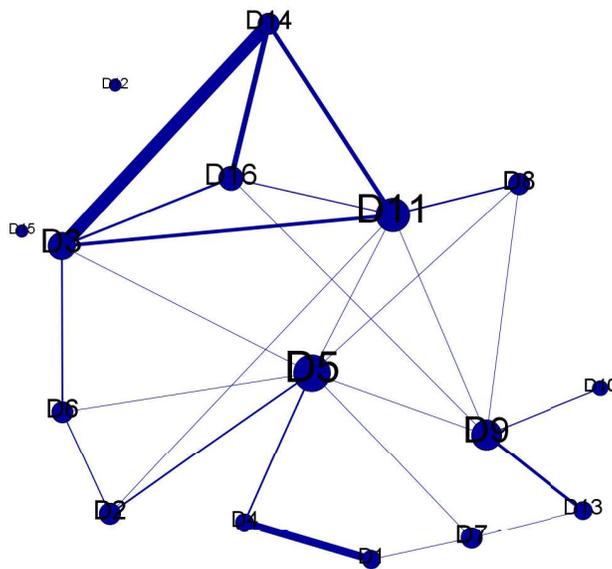


Figura E.1: rede de coautoria do Programa D com rótulos.

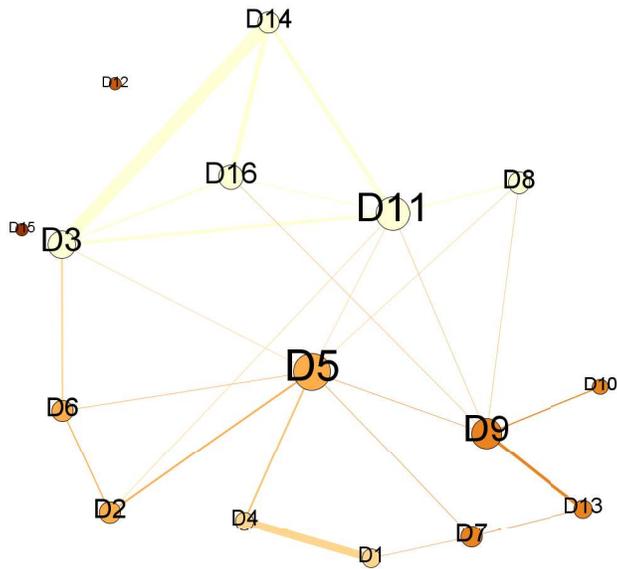


Figura E.6: rede de coautoria do programa D - modularidade com rótulos.

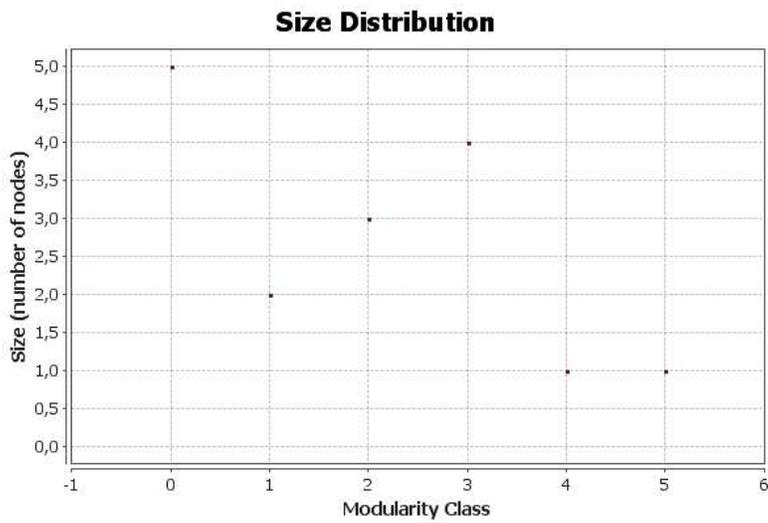


Figura E.7: distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa D.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura E.8 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
5	D15
4	D12
3	D7
3	D9
3	D10
3	D13
2	D2
2	D5
2	D6
1	D1
1	D4
0	D3
0	D8
0	D11
0	D14
0	D16

Figura E.8: rede de coautoria do programa D - classificação em relação a modularidade.

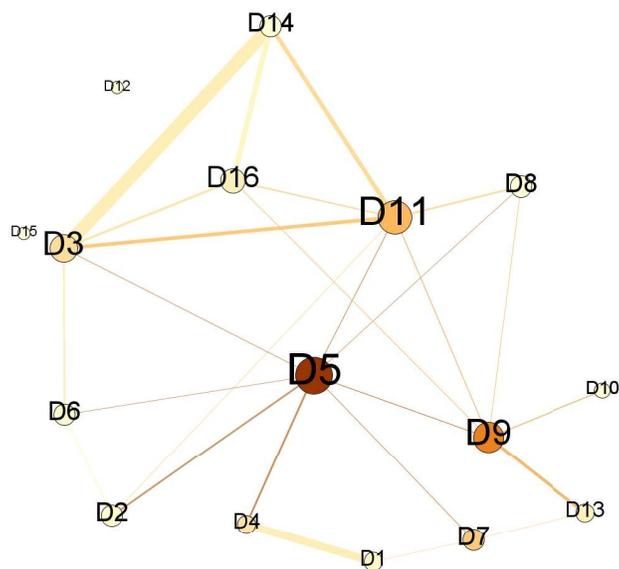


Figura E.9: rede de coautoria do programa D - centralidade de Intermediação com rótulos.

Classificar	Rótulo
34.60714285714286	D5
20.845238095238095	D9
11.785714285714286	D11
8.654761904761903	D7
5.5357142857142865	D3
4.595238095238095	D4
2.4166666666666665	D16
2.0595238095238093	D13
0.8333333333333333	D1
0.3333333333333333	D2
0.3333333333333333	D6
0.0	D8
0.0	D10
0.0	D12
0.0	D14
0.0	D15

Figura E.10: rede de coautoria do programa D - classificação em relação a centralidade de intermediação.

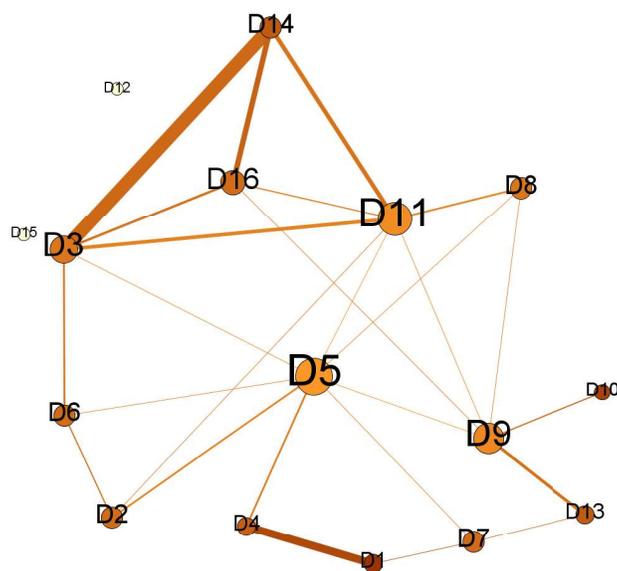


Figura E.11: rede de coautoria do programa D - centralidade de proximidade com rótulos.

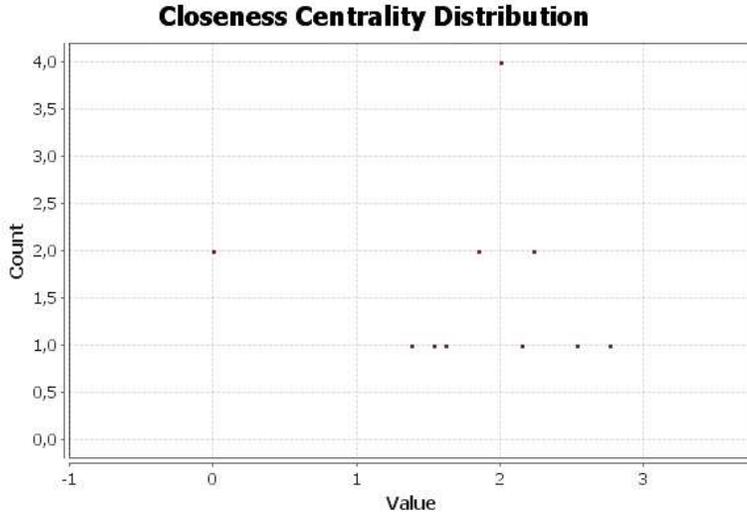


Figura E.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do programa D.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura E.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
2.769230769230769	D1
2.5384615384615383	D10
2.230769230769231	D13
2.230769230769231	D14
2.1538461538461537	D4
2.0	D2
2.0	D6
2.0	D7
2.0	D16
1.8461538461538463	D3
1.8461538461538463	D8
1.6153846153846154	D9
1.5384615384615385	D11
1.3846153846153846	D5
0.0	D12
0.0	D15

Figura E.13: rede de coautoria do programa D - classificação em relação a centralidade de proximidade.

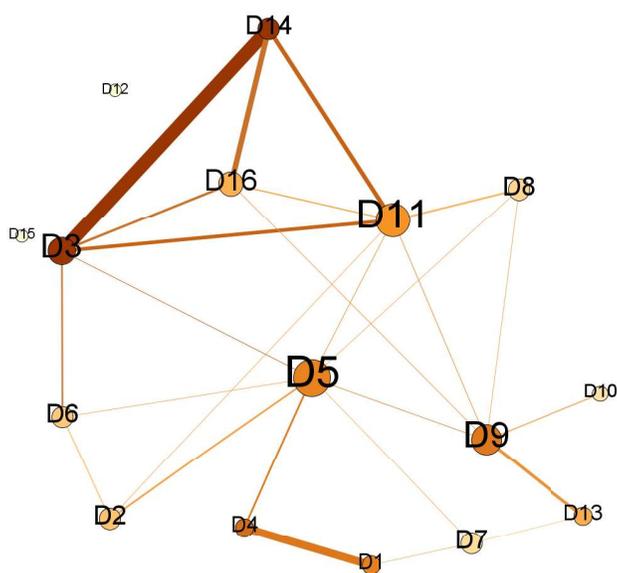


Figura E.14: rede de coautoria do programa D - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
1.8777	D14
1.8544	D3
1.36182	D4
1.28042	D9
1.20353	D1
1.19577	D5
1.06106	D11
0.83101	D13
0.8103	D16
0.648813	D2
0.599334	D6
0.478262	D8
0.423664	D7
0.373913	D10
0.15	D12
0.15	D15

Figura E.15: rede de coautoria do programa D - classificação em relação a *rank* de colaboração.

Apêndice F

Grafos das Redes de Coautoria do Programa E: Ciências Computacionais (CCOMP) - UERJ, RJ.

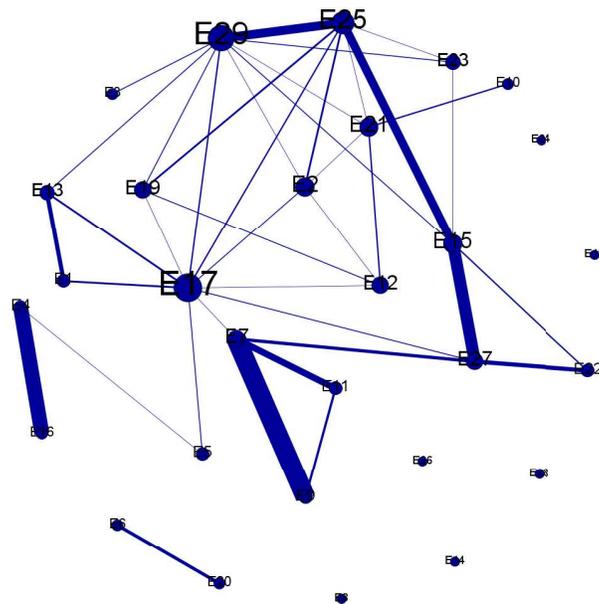


Figura F.1: rede de coautoria do programa E com rótulos.

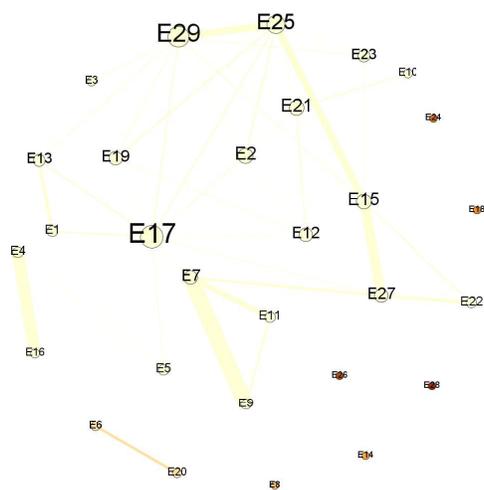


Figura F.2: rede de Coautoria do programa E - componentes com rótulos.

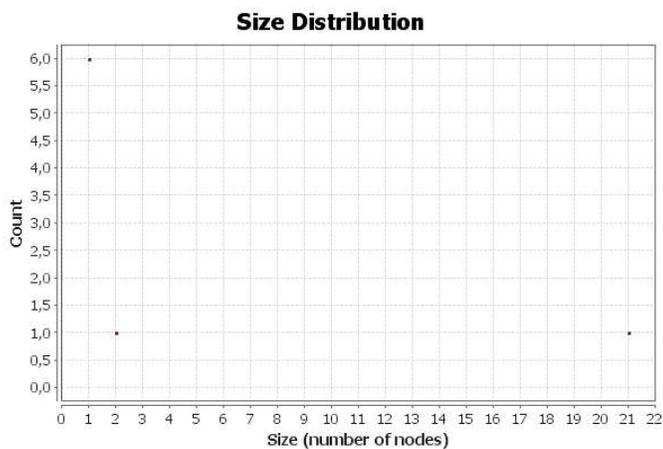


Figura F.3: distribuição das componentes da rede de coautoria do programa E.

O eixo das abcissas temos o número de nós que a componente possui e no eixo das ordenadas temos a quantidade de componentes.

Classificar	Rótulo
7	E28
6	E26
5	E24
4	E18
3	E14
2	E8
1	E6
1	E20
0	E1
0	E2
0	E3
0	E4
0	E5
0	E7
0	E9
0	E10
0	E11
0	E12
0	E13
0	E15
0	E16
0	E17
0	E19
0	E21
0	E22
0	E23
0	E25
0	E27
0	E29

Figura F.4: rede de coautoria do programa E - classificação em relação as componentes.

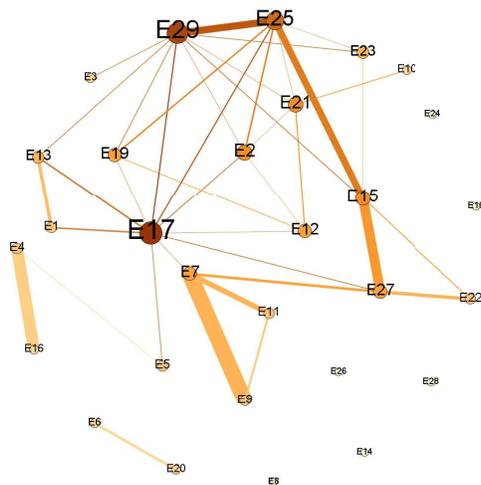


Figura F.5: rede de coautoria do programa E - hubs.

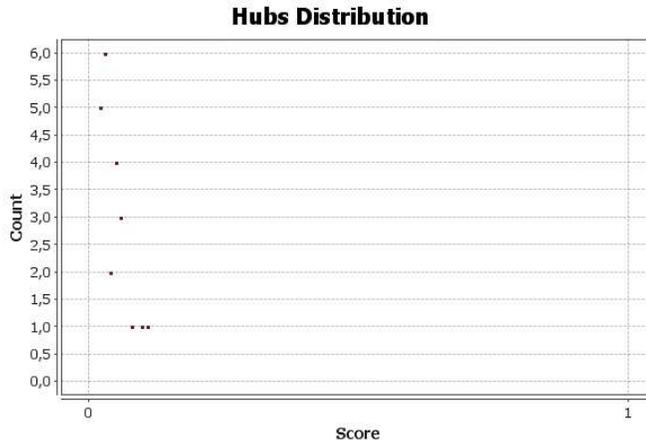


Figura F.6: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa E.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.106796116	E17
0.097087376	E29
0.0776699	E25
0.058252428	E2
0.058252428	E15
0.058252428	E21
0.048543688	E7
0.048543688	E12
0.048543688	E19
0.048543688	E27
0.03883495	E13
0.03883495	E23
0.029126214	E1
0.029126214	E4
0.029126214	E5
0.029126214	E9
0.029126214	E11
0.029126214	E22
0.019417476	E3
0.019417476	E6
0.019417476	E10
0.019417476	E16
0.019417476	E20
0.0	E8
0.0	E14
0.0	E18
0.0	E24
0.0	E26
0.0	E28

Figura F.7: rede de coautoria do programa E - classificação em relação aos *hubs*.

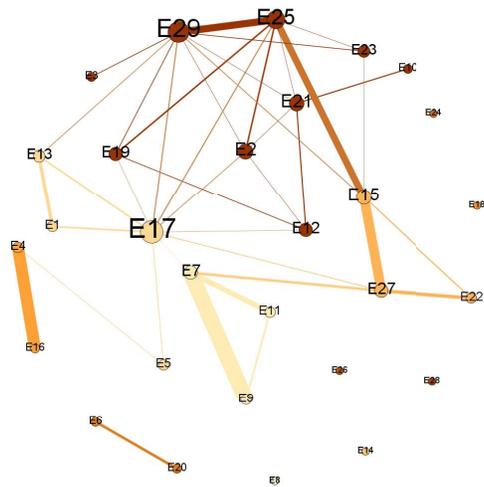


Figura F.8: rede de coautoria do programa E - modularidade com rótulos.

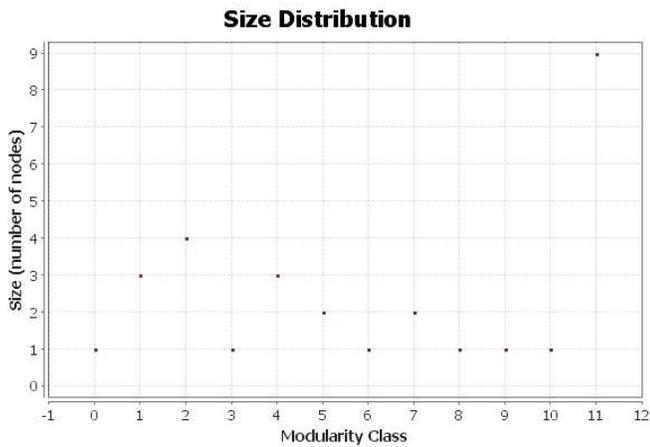


Figura F.9: distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa E.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura F.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
11	E2
11	E3
11	E10
11	E12
11	E19
11	E21
11	E23
11	E25
11	E29
10	E28
9	E26
8	E24
7	E6
7	E20
6	E18
5	E4
5	E16
4	E15
4	E22
4	E27
3	E14
2	E1
2	E5
2	E13
2	E17
1	E7
1	E9
1	E11
0	E8

Figura F.10: rede de coautoria do programa E - classificação em relação a modularidade.

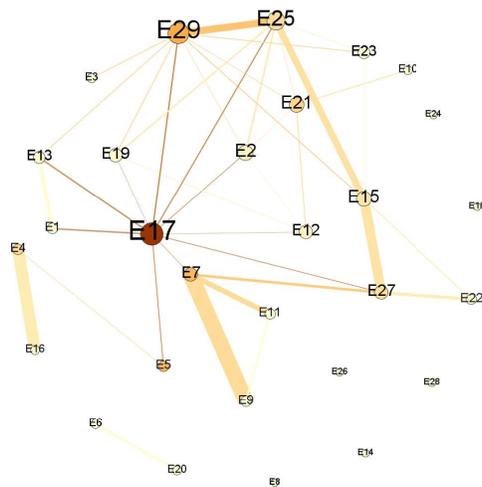


Figura F.11: rede de coautoria do programa E - centralidade de intermediação com rótulos.

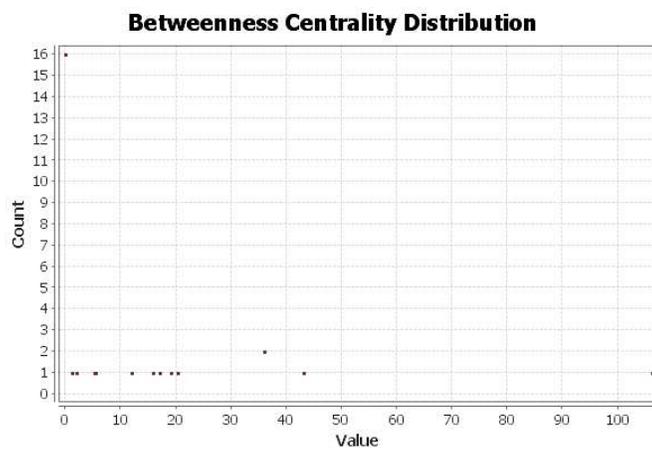


Figura F.12: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa B.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura F.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
106.10000000000001	E17
42.994444444444454	E29
36.0	E5
36.0	E7
20.22222222222222	E21
19.0	E4
17.011111111111111	E25
15.861111111111111	E27
12.000000000000002	E15
5.455555555555556	E2
5.15	E12
1.983333333333336	E13
1.222222222222223	E19
0.0	E1
0.0	E3
0.0	E6
0.0	E8
0.0	E9
0.0	E10
0.0	E11
0.0	E14
0.0	E16
0.0	E18
0.0	E20
0.0	E22
0.0	E23
0.0	E24
0.0	E26
0.0	E28

Figura F.13: rede de coautoria do Programa E - classificação em relação a centralidade de intermediação.

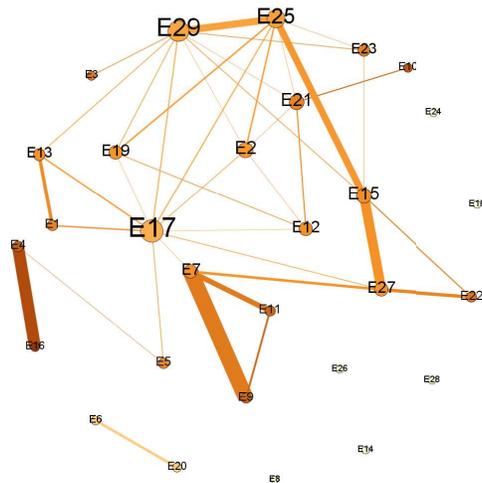


Figura F.14: rede de coautoria do programa E - centralidade de proximidade com rótulos.

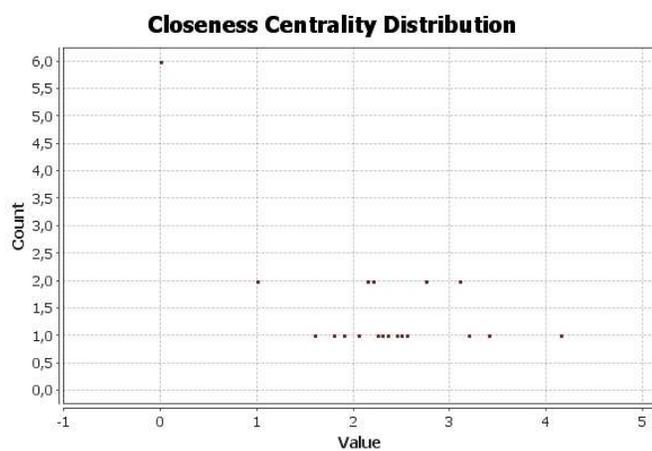


Figura F.15: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do programa E.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura F.16 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
4.15	E16
3.4	E10
3.2	E4
3.1	E9
3.1	E11
2.75	E3
2.75	E22
2.55	E23
2.5	E1
2.45	E21
2.35	E5
2.3	E15
2.25	E12
2.2	E7
2.2	E13
2.15	E19
2.15	E27
2.05	E2
1.9	E25
1.8	E29
1.6	E17
1.0	E6
1.0	E20
0.0	E8
0.0	E14
0.0	E18
0.0	E24
0.0	E26
0.0	E28

Figura F.16: rede de coautoria do programa E - classificação em relação a centralidade de proximidade.

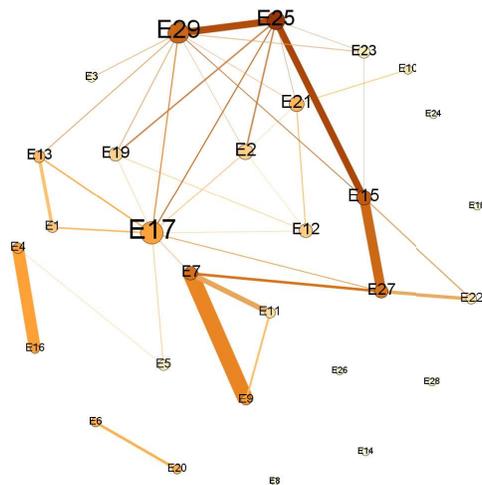


Figura F.17: rede de coautoria do programa E - rank de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
2.38434	E25
1.9472	E15
1.81506	E29
1.70055	E7
1.66509	E27
1.22968	E9
1.17675	E4
1.17206	E16
1.15528	E17
1.0	E6
1.0	E20
0.914777	E21
0.884459	E13
0.752846	E1
0.674907	E12
0.634833	E2
0.62286	E19
0.518829	E11
0.469033	E22
0.412276	E10
0.305337	E5
0.303134	E23
0.260693	E3
0.15	E8
0.15	E14
0.15	E18
0.15	E24
0.15	E26
0.15	E28

Figura F.18: rede de coautoria do programa E - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

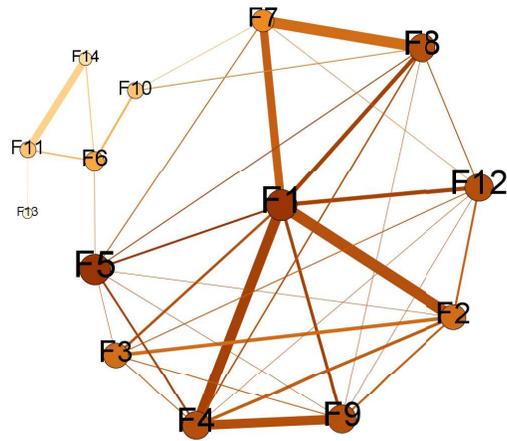


Figura G.2: rede de coautoria do programa F - *hubs*.

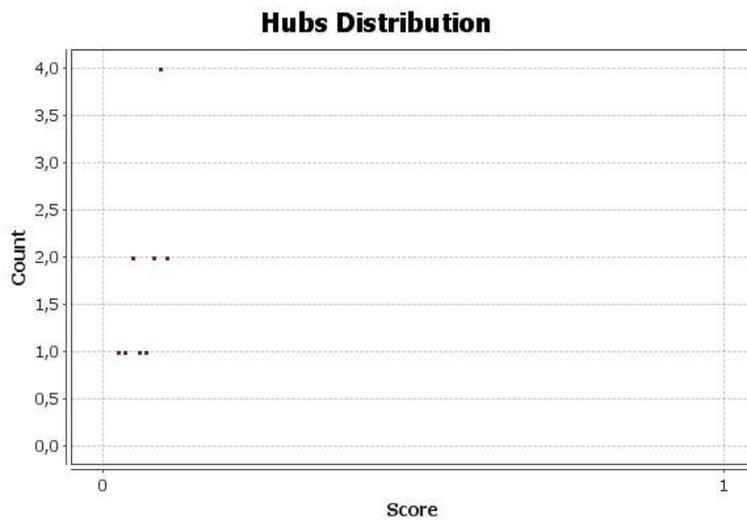


Figura G.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa F.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.10227273	F1
0.10227273	F5
0.09090909	F4
0.09090909	F8
0.09090909	F9
0.09090909	F12
0.07954545	F2
0.07954545	F3
0.06818182	F7
0.05681818	F6
0.04545454	F10
0.04545454	F11
0.03409091	F14
0.02272727	F13

Figura G.4: rede de coautoria do programa F - classificação em relação aos *hubs*.

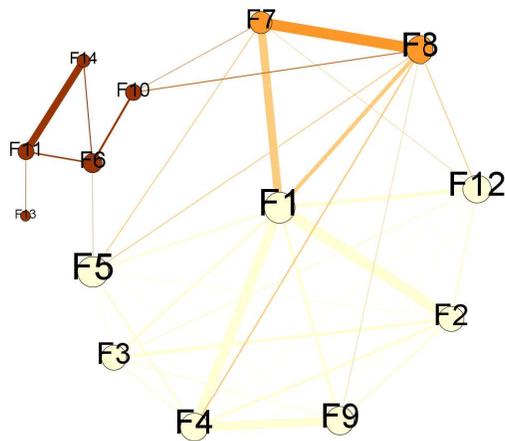


Figura G.5: rede de coautoria do programa F - modularidade com rótulos.

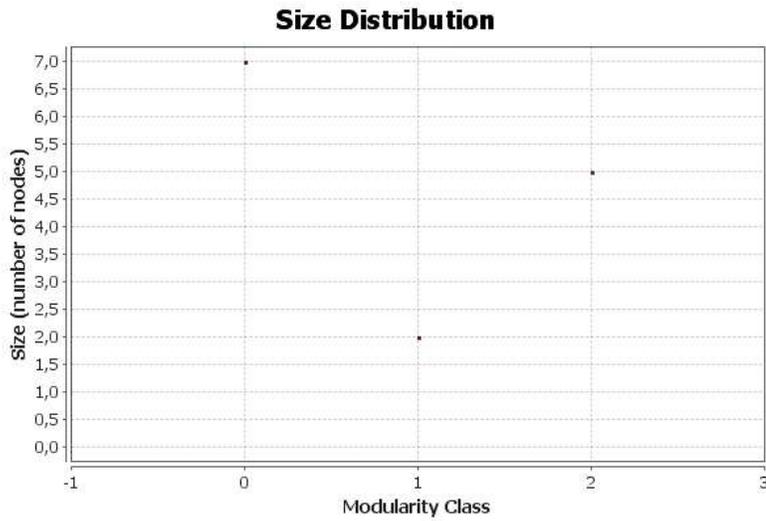


Figura G.6: distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa E.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura G.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
2	F6
2	F10
2	F11
2	F13
2	F14
1	F7
1	F8
0	F1
0	F2
0	F3
0	F4
0	F5
0	F9
0	F12

Figura G.7: rede de coautoria do programa F - classificação em relação a modularidade.

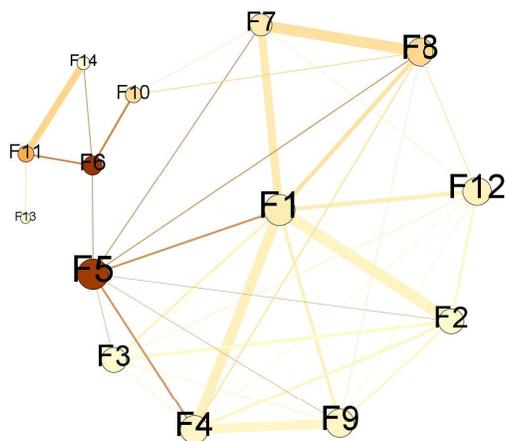


Figura G.8: rede de coautoria do programa F - centralidade de intermediação com rótulos.

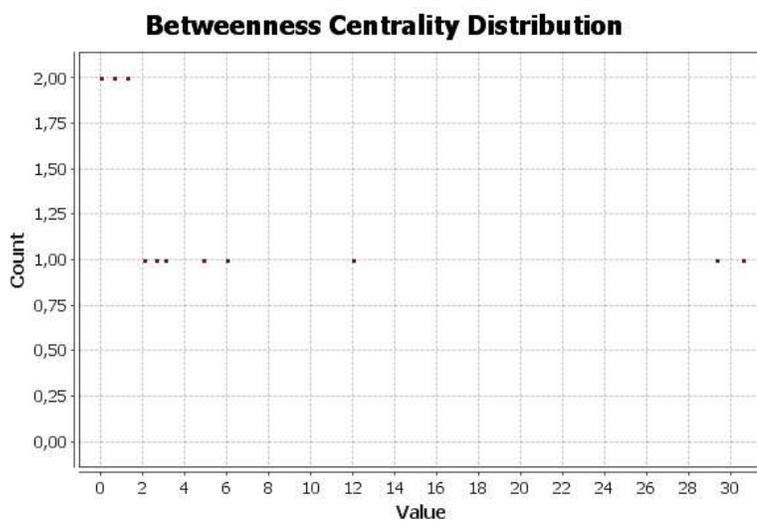


Figura G.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do programa F.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura G.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
30.55555555555557	F6
29.34444444444445	F5
12.0	F11
5.976190476190475	F8
4.88888888888889	F10
3.0317460317460316	F7
2.5984126984126976	F1
2.011111111111111	F12
1.2095238095238097	F4
1.2095238095238097	F9
0.5873015873015873	F2
0.5873015873015873	F3
0.0	F13
0.0	F14

Figura G.10: rede de coautoria do programa F - classificação em relação a centralidade de intermediação.

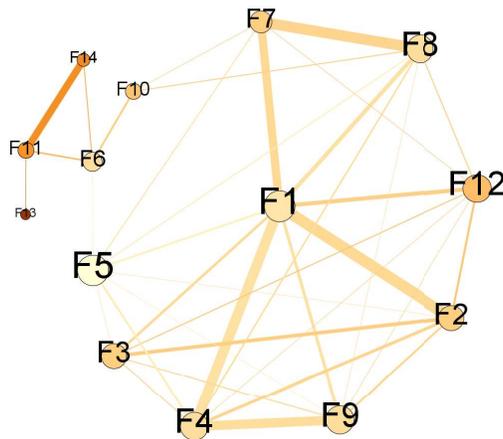


Figura G.11: rede de coautoria do programa F - centralidade de proximidade com rótulos.

Figura G.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do programa F.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura G.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
1.0	F14
0.9333333333333333	F2
0.9333333333333333	F3
0.8571428571428571	F4
0.8571428571428571	F9
0.75	F1
0.7142857142857143	F12
0.6190476190476191	F8
0.6	F7
0.5357142857142857	F5
0.3333333333333333	F10
0.3333333333333333	F11
0.16666666666666666	F6
0.0	F13

Figura G.13: rede de coautoria do programa F - classificação em relação a centralidade de proximidade.

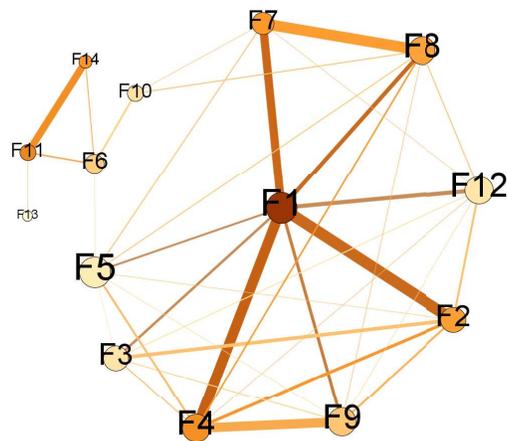


Figura G.14: rede de coautoria do programa F - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
2.3703	F1
1.48368	F11
1.38751	F4
1.32112	F14
1.28488	F7
1.23126	F2
1.19142	F8
0.823817	F9
0.747051	F6
0.528521	F10
0.494129	F3
0.489251	F12
0.413013	F5
0.234047	F13

Figura G.15: rede de coautoria do programa F - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice H

Grafos das Redes de Coautoria do Programa G: Computação ao Aplicadas - INPE, SP.

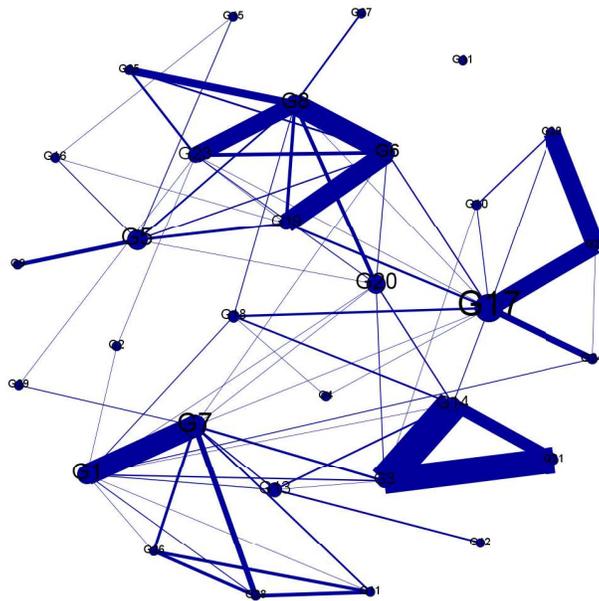


Figura H.1: rede de coautoria do programa G com rótulos.

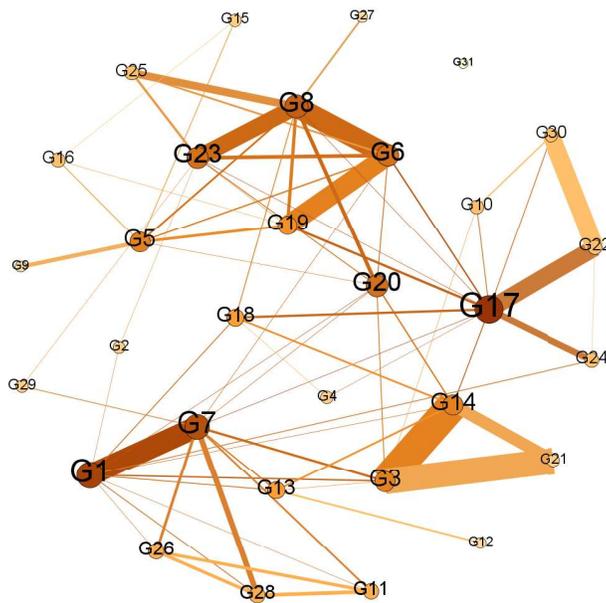


Figura H.2: rede de coautoria do programa G - hubs.

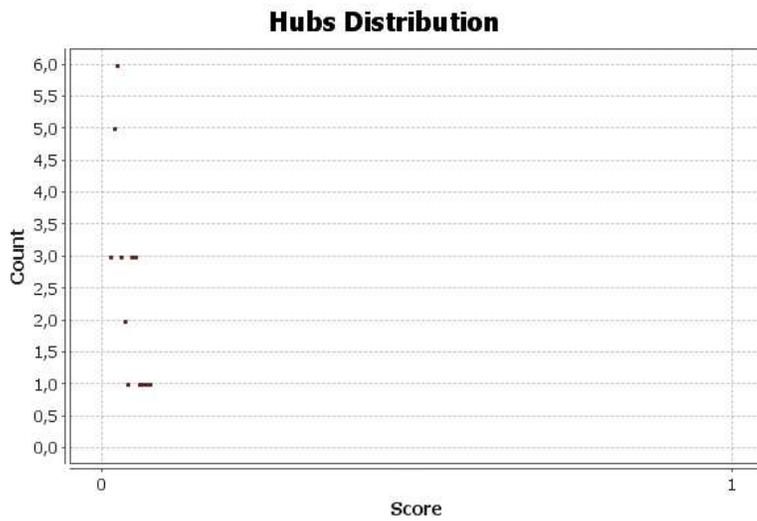


Figura H.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do Programa G.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.07386363	G17
0.06818182	G1
0.0625	G7
0.056818184	G8
0.051136363	G6
0.051136363	G20
0.051136363	G23
0.045454547	G3
0.045454547	G5
0.045454547	G14
0.039772727	G19
0.03409091	G13
0.03409091	G18
0.028409092	G11
0.028409092	G26
0.028409092	G28
0.022727273	G10
0.022727273	G16
0.022727273	G22
0.022727273	G24
0.022727273	G25
0.022727273	G30
0.017045455	G2
0.017045455	G4
0.017045455	G15
0.017045455	G21
0.017045455	G29
0.011363637	G9
0.011363637	G12
0.011363637	G27
0.0	G31

Figura H.4: rede de coautoria do programa G - classificação em relação aos *hubs*.

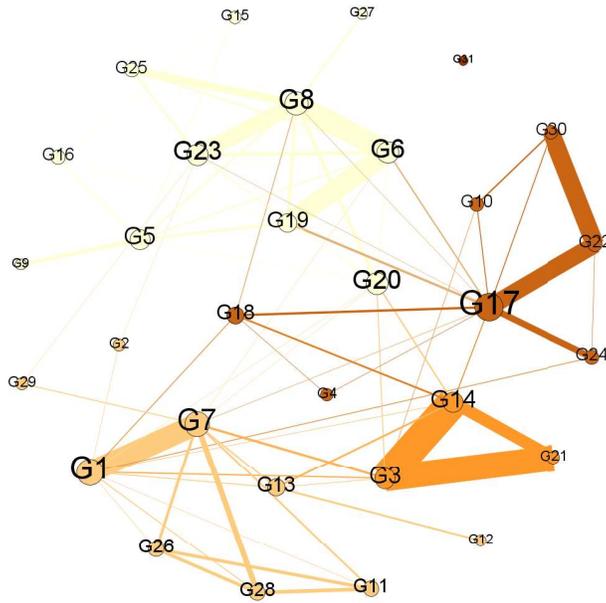


Figura H.5: rede de coautoria do programa G - modularidade com rótulos.

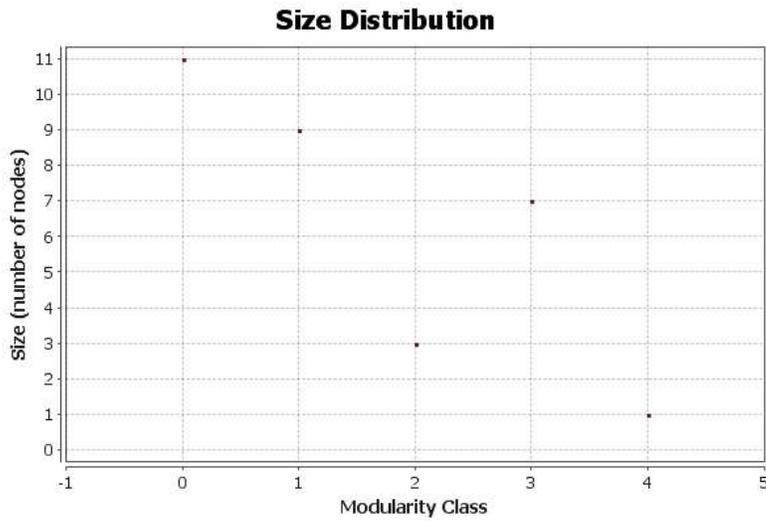


Figura H.6: distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa G.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura H.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
4	G31
3	G4
3	G10
3	G17
3	G18
3	G22
3	G24
3	G30
2	G3
2	G14
2	G21
1	G1
1	G2
1	G7
1	G11
1	G12
1	G13
1	G26
1	G28
1	G29
0	G5
0	G6
0	G8
0	G9
0	G15
0	G16
0	G19
0	G20
0	G23
0	G25
0	G27

Figura H.7: rede de coautoria do programa G - classificação em relação a modularidade.

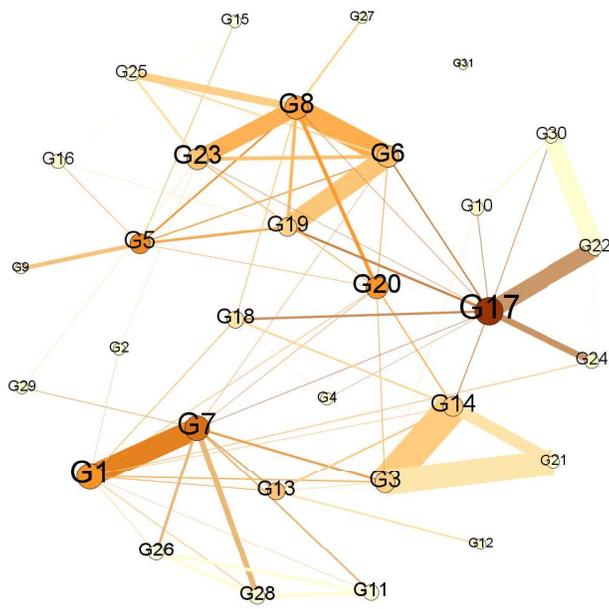
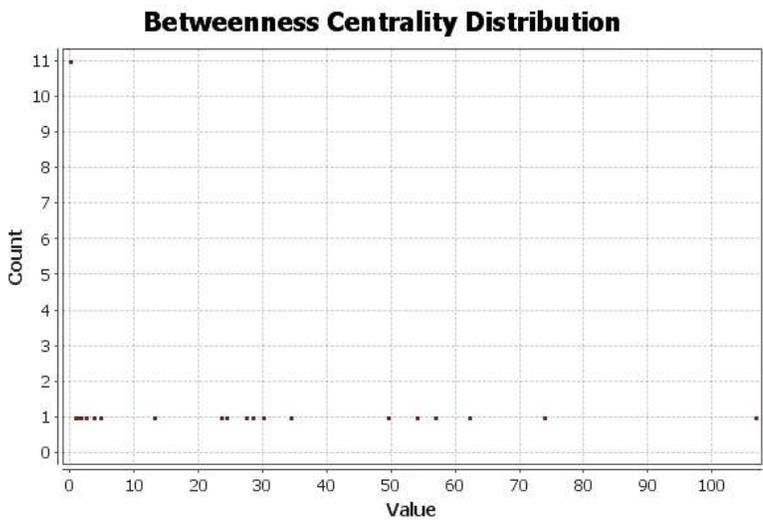


Figura H.8: rede de coautoria do programa G - centralidade de intermediação com rótulos.



Classificar	Rótulo
106.61731601731601	G17
73.78661616161617	G7
62.05638528138528	G5
56.834523809523816	G1
53.99242424242425	G20
49.49188311688312	G8
34.22521645021645	G6
30.073593073593074	G23
28.342857142857145	G13
27.296717171717173	G14
24.35649350649351	G3
23.502380952380946	G19
12.979473304473302	G18
4.707575757575758	G24
3.558333333333336	G10
2.35952380952381	G16
1.4797979797979794	G2
0.972222222222223	G29
0.7	G30
0.666666666666666	G22
0.0	G4
0.0	G9
0.0	G11
0.0	G12
0.0	G15
0.0	G21
0.0	G25
0.0	G26
0.0	G27
0.0	G28
0.0	G31

Figura H.10: rede de coautoria do programa G - classificação em relação a centralidade de intermediação.

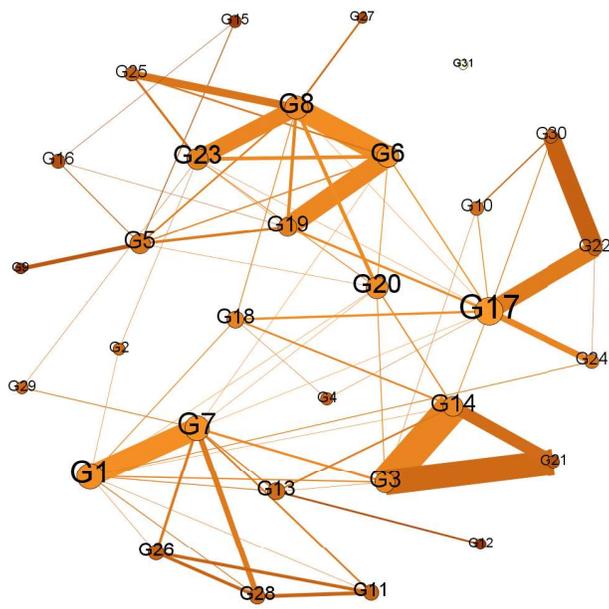


Figura H.11: rede de coautoria do programa G - centralidade de proximidade com rótulos.

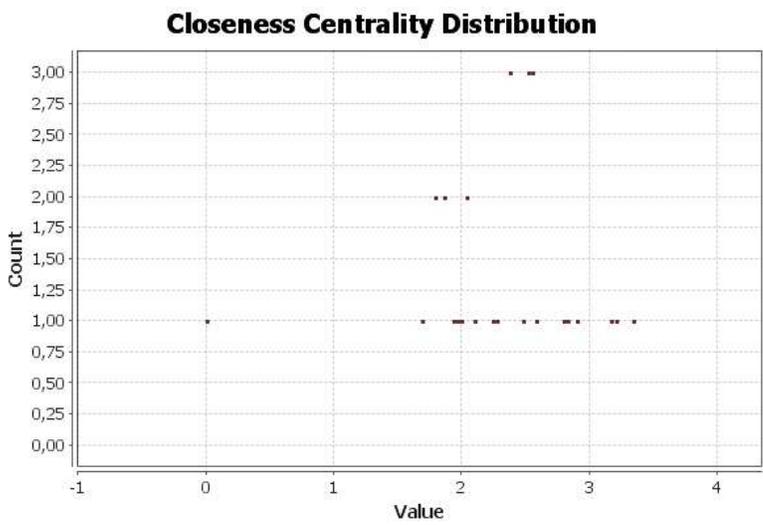


Figura H.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa G.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura H.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
3.3448275862068964	G12
3.206896551724138	G9
3.1724137931034484	G15
2.896551724137931	G27
2.8275862068965516	G16
2.793103448275862	G21
2.586206896551724	G4
2.5517241379310347	G22
2.5517241379310347	G25
2.5517241379310347	G30
2.5172413793103448	G11
2.5172413793103448	G26
2.5172413793103448	G28
2.4827586206896552	G29
2.3793103448275863	G2
2.3793103448275863	G10
2.3793103448275863	G13
2.2758620689655173	G24
2.2413793103448274	G5
2.103448275862069	G19
2.0344827586206895	G3
2.0344827586206895	G23
2.0	G18
1.9655172413793103	G14
1.9310344827586208	G8
1.8620689655172413	G1
1.8620689655172413	G20
1.793103448275862	G6
1.793103448275862	G7
1.6896551724137931	G17
0.0	G31

Figura H.13: rede de coautoria do programa G - classificação em relação a centralidade de proximidade.

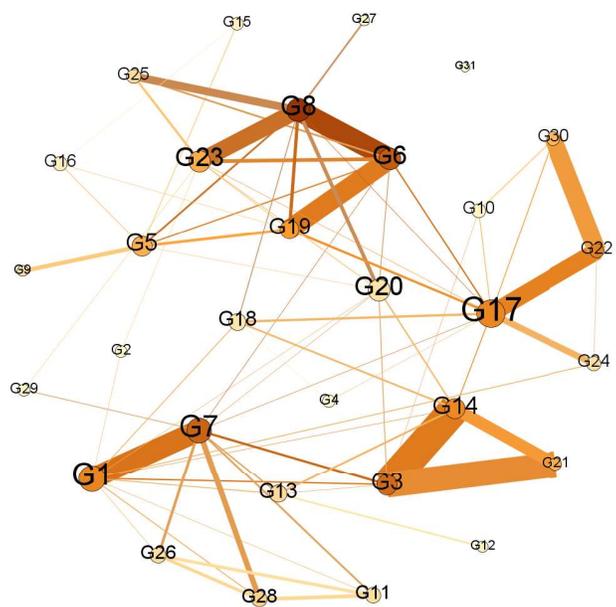


Figura H.14: rede de coautoria do programa G - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
2.88075	G8
2.30382	G6
2.20593	G7
2.12012	G3
1.87133	G22
1.77232	G1
1.74133	G17
1.72739	G14
1.47597	G19
1.2445	G23
1.22133	G21
1.19791	G5
1.07841	G30
0.718389	G28
0.620356	G13
0.597164	G25
0.577994	G11
0.566326	G26
0.532237	G24
0.510962	G20
0.505291	G9
0.456322	G18
0.337825	G16
0.300939	G12
0.300815	G15
0.278936	G10
0.243453	G27
0.230455	G29
0.20217	G2
0.179271	G4
0.15	G31

Figura H.15: rede de coautoria do programa G - classificação em relação ao rank de colaboração.

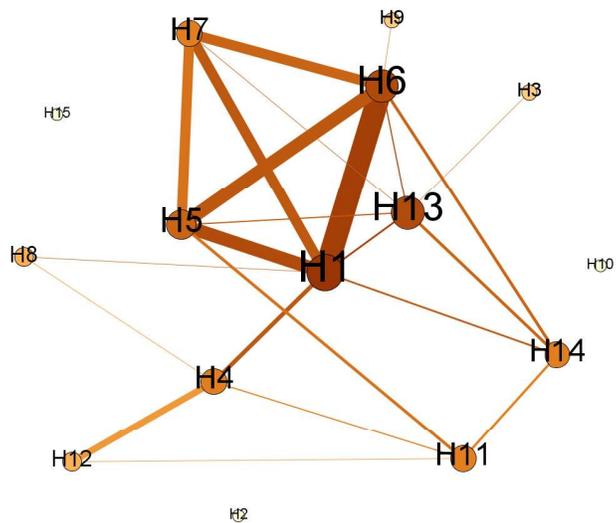


Figura I.2: rede de coautoria do programa H - *hubs*.

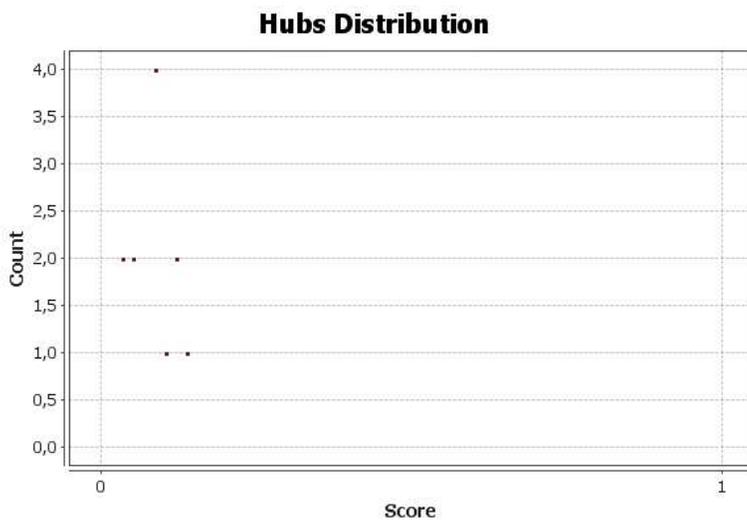


Figura I.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa H.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.13793103	H1
0.12068965	H6
0.12068965	H13
0.10344828	H5
0.0862069	H4
0.0862069	H7
0.0862069	H11
0.0862069	H14
0.05172414	H8
0.05172414	H12
0.03448276	H3
0.03448276	H9
0.0	H2
0.0	H10
0.0	H15

Figura I.4: rede de coautoria do programa H - classificação em relação aos *hubs*.

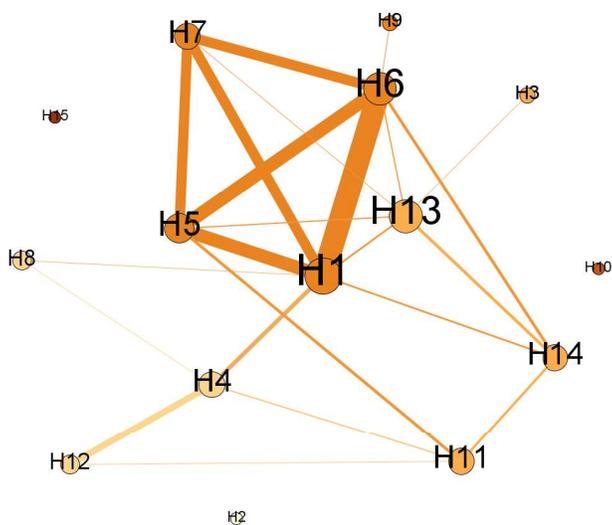


Figura I.5: rede de coautoria do programa H - modularidade com rótulos.

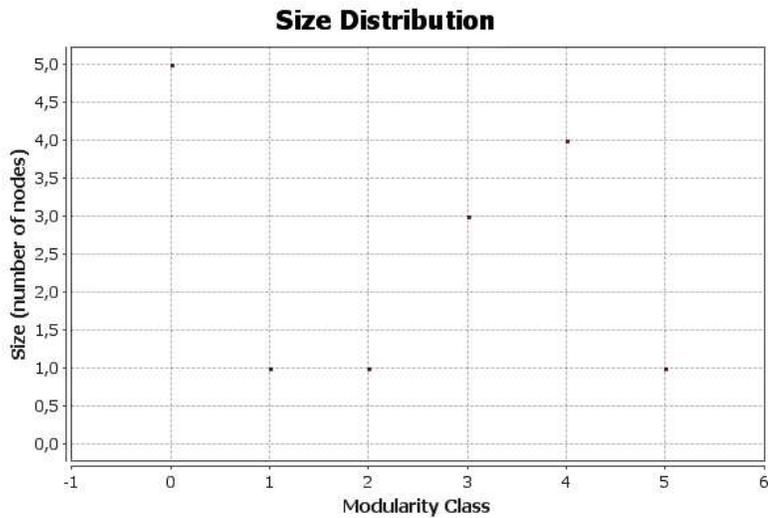


Figura I.6: distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa H.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura I.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
5	H15
4	H10
3	H1
3	H5
3	H6
3	H7
3	H9
2	H3
2	H11
2	H13
2	H14
1	H4
1	H8
1	H12
0	H2

Figura I.7: rede de coautoria do programa H - classificação em relação a modularidade.

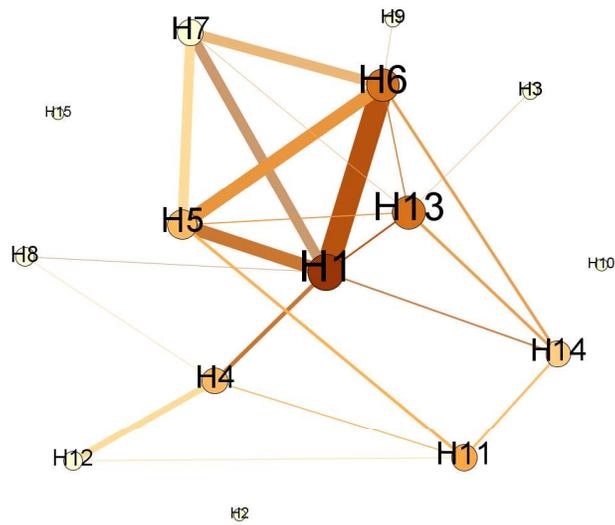


Figura I.8: rede de coautoria do programa H - centralidade de intermediação com rótulos.

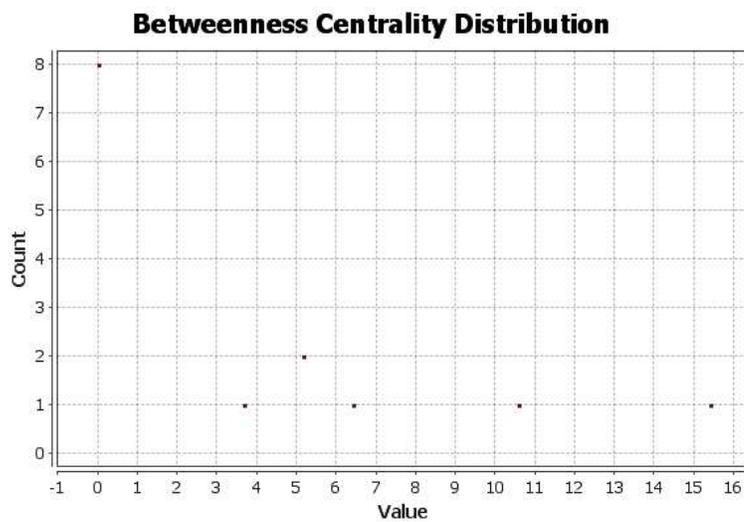


Figura I.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa H.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura I.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
15.416666666666664	H1
10.583333333333334	H13
10.583333333333332	H6
6.416666666666666	H11
5.166666666666667	H4
5.166666666666667	H5
3.666666666666666	H14
	0.0 H2
	0.0 H3
	0.0 H7
	0.0 H8
	0.0 H9
	0.0 H10
	0.0 H12
	0.0 H15

Figura I.10: rede de coautoria do programa H - classificação em relação a centralidade de intermediação.

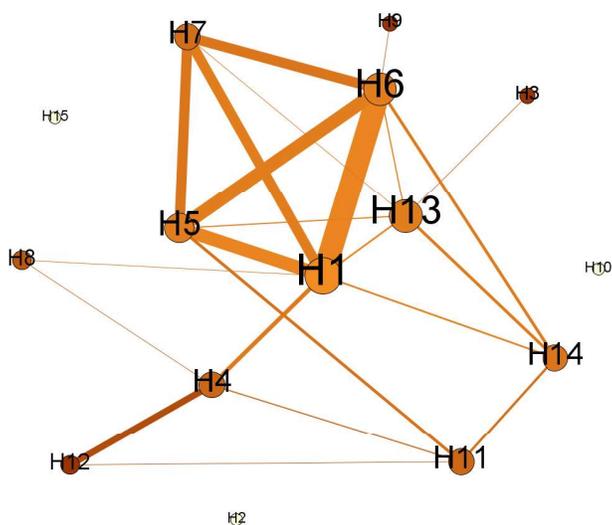


Figura I.11: rede de coautoria do programa H - centralidade de proximidade com rótulos.

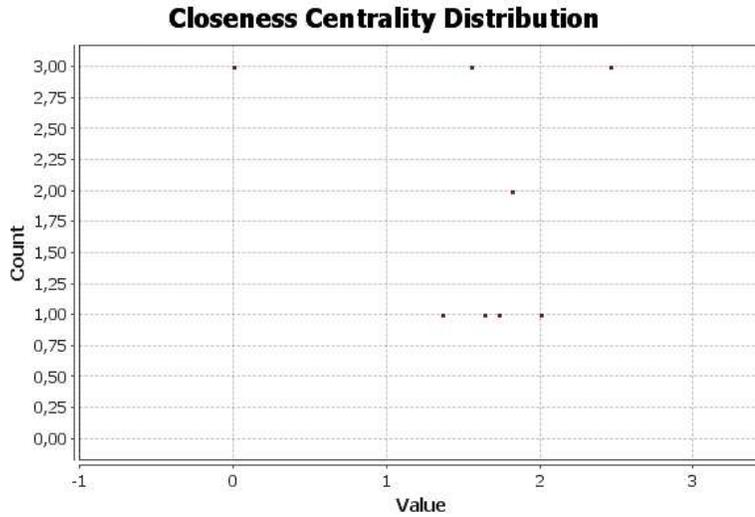


Figura I.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa H.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura I.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
2.4545454545454546	H3
2.4545454545454546	H9
2.4545454545454546	H12
2.0	H8
1.8181818181818181	H4
1.8181818181818181	H11
1.7272727272727273	H7
1.6363636363636365	H14
1.5454545454545454	H5
1.5454545454545454	H6
1.5454545454545454	H13
1.3636363636363635	H1
0.0	H2
0.0	H10
0.0	H15

Figura I.13: rede de coautoria do programa H - classificação em relação a centralidade de proximidade.

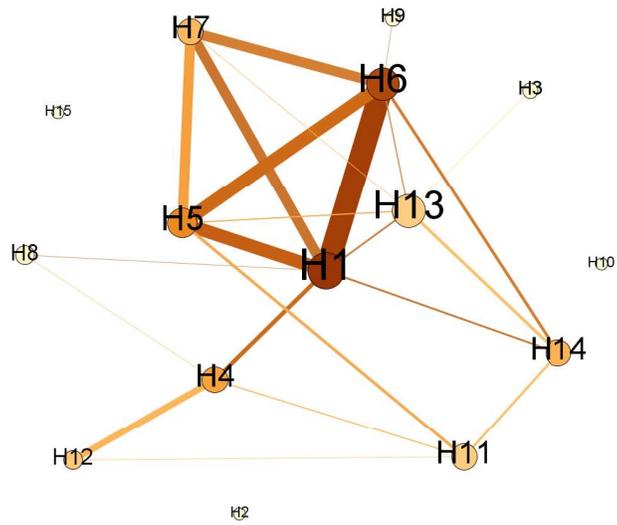


Figura I.14: rede de coautoria do programa H - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
2.45088	H1
2.18017	H6
1.46339	H5
1.17271	H4
1.00548	H14
0.959185	H7
0.755578	H12
0.70513	H13
0.70508	H11
0.216778	H3
0.195181	H8
0.190437	H9
0.15	H2
0.15	H10
0.15	H15

Figura I.15: rede de coautoria do programa H - classificação em relação ao rank de colaboração.

Apêndice J

Grafos das Redes de Coautoria do Programa I: Engenharia de Sistemas e Automação - UFLA, MG.

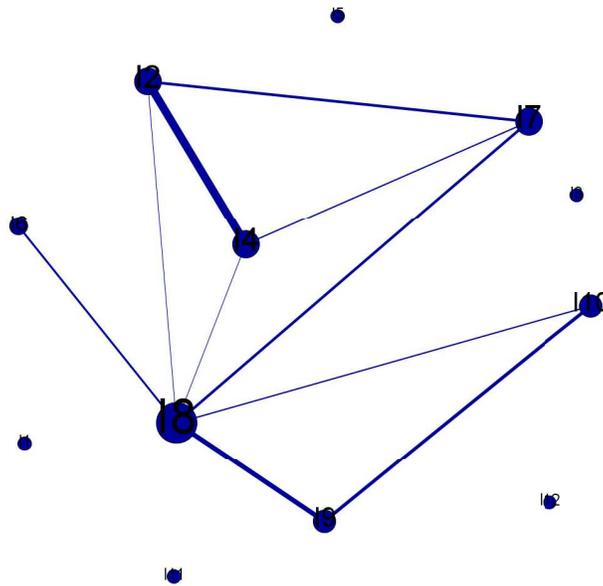


Figura J.1: rede de coautoria do programa I com rótulos.

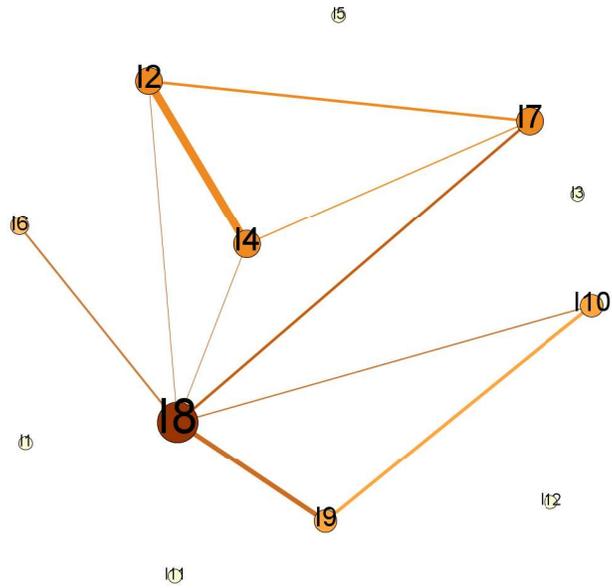


Figura J.2: rede de coautoria do programa I - *hubs*.

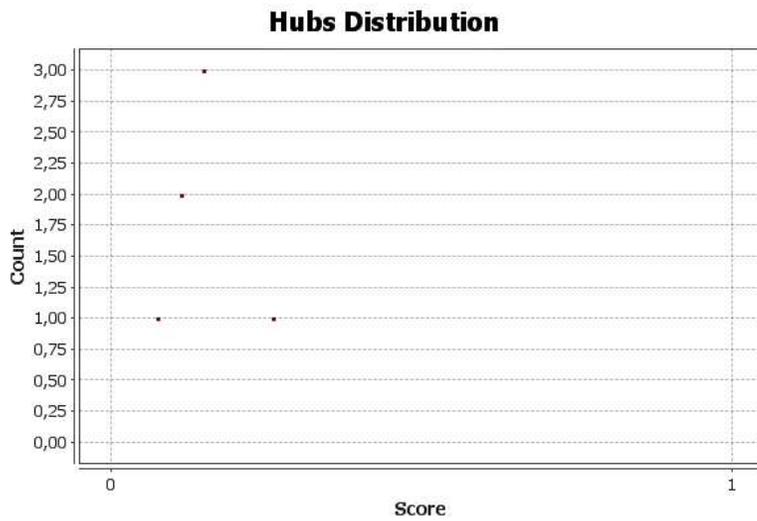


Figura J.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa I.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.25925925	I8
0.14814815	I2
0.14814815	I4
0.14814815	I7
0.11111111	I9
0.11111111	I10
0.074074075	I6
0.0	I1
0.0	I3
0.0	I5
0.0	I11
0.0	I12

Figura J.4: rede de coautoria do programa I - classificação em relação aos *hubs*.

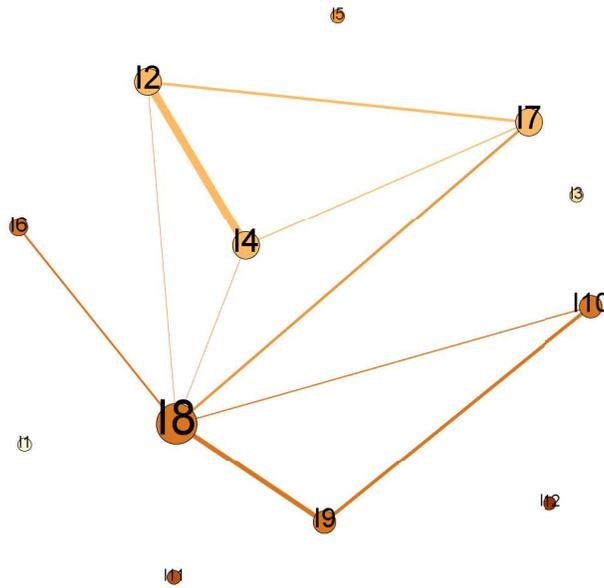


Figura J.5: rede de coautoria do programa I - modularidade com rótulos.

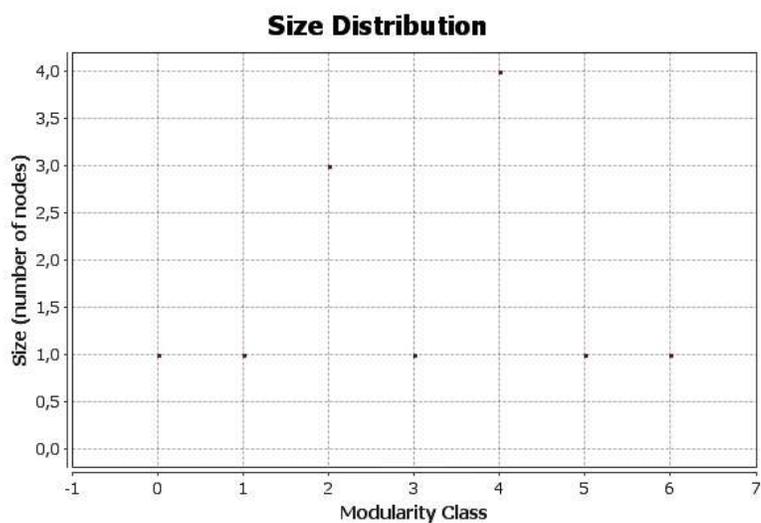


Figura J.6: distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa I.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura J.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
6	I12
5	I11
4	I6
4	I8
4	I9
4	I10
3	I5
2	I2
2	I4
2	I7
1	I3
0	I1

Figura J.7: rede de coautoria do programa I - classificação em relação a modularidade.

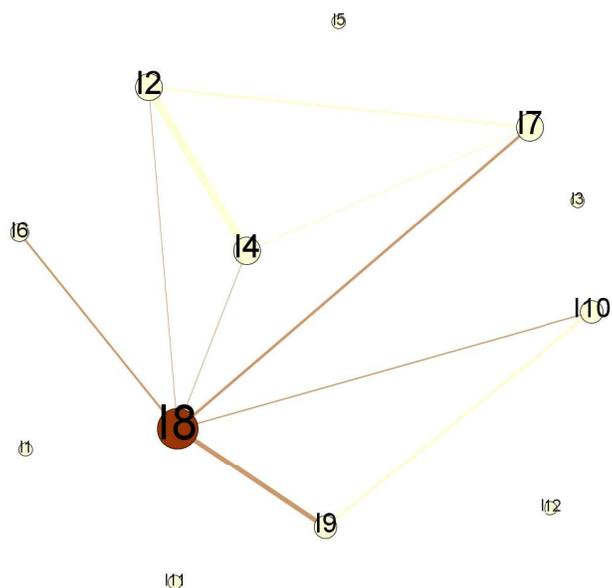


Figura J.8: rede de coautoria do programa I - centralidade de intermediação com rótulos.

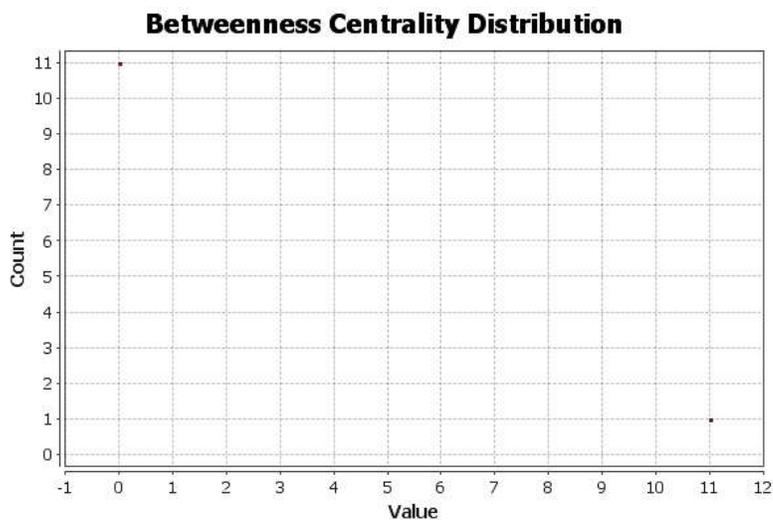


Figura J.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa I.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura J.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

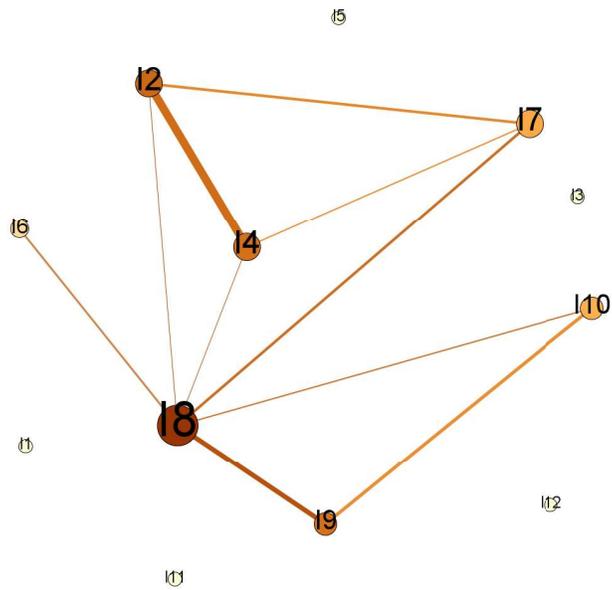


Figura J.14: rede de coautoria do programa I - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
1.60498	I8
1.22295	I2
1.15708	I9
1.15538	I4
0.748141	I7
0.718011	I10
0.393455	I6
0.15	I1
0.15	I3
0.15	I5
0.15	I11
0.15	I12

Figura J.15: rede de coautoria do programa I - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice K

Grafos das Redes de Coautoria do Programa J: Física Ambiental - UFMT, MT.

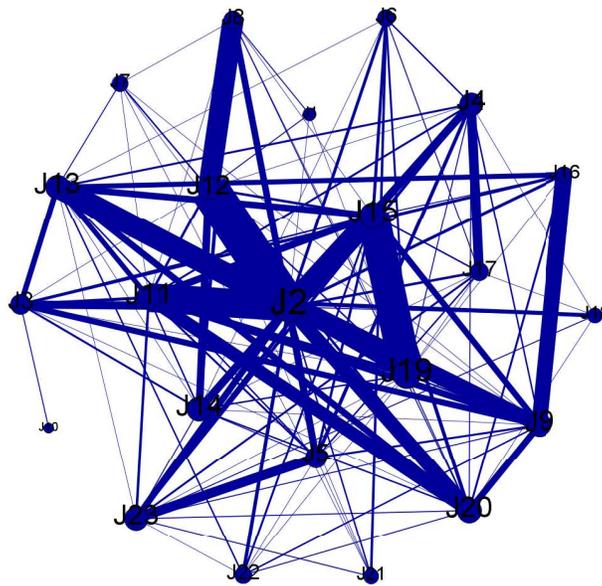


Figura K.1: rede de coautoria do programa J com rótulos.

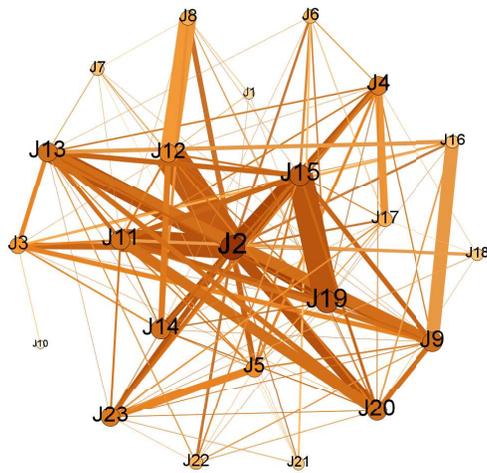


Figura K.2: rede de coautoria do programa J - *hubs*.

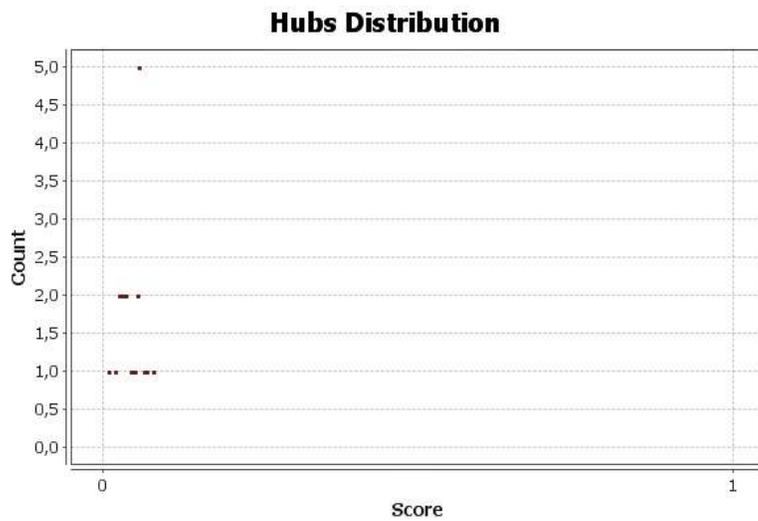


Figura K.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa J.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.077738516	J2
0.06713781	J19
0.06360424	J15
0.056537103	J9
0.056537103	J11
0.056537103	J13
0.056537103	J14
0.056537103	J20
0.053003535	J4
0.053003535	J23
0.049469966	J12
0.045936394	J5
0.042402826	J3
0.03533569	J8
0.03533569	J17
0.03180212	J6
0.03180212	J22
0.028268551	J7
0.028268551	J16
0.024734983	J18
0.024734983	J21
0.017667845	J1
0.007067138	J10

Figura K.4: rede de coautoria do programa J - classificação em relação aos *hubs*.

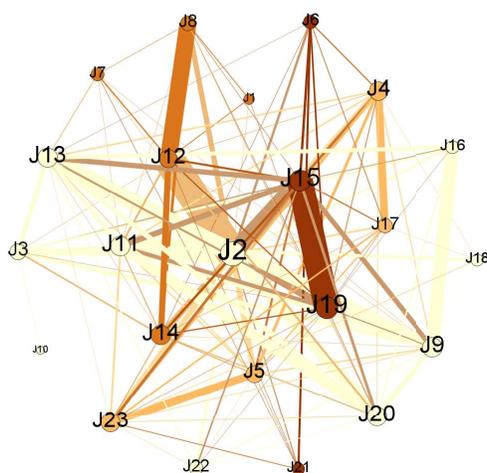


Figura K.5: rede de coautoria do programa J - modularidade com rótulos.

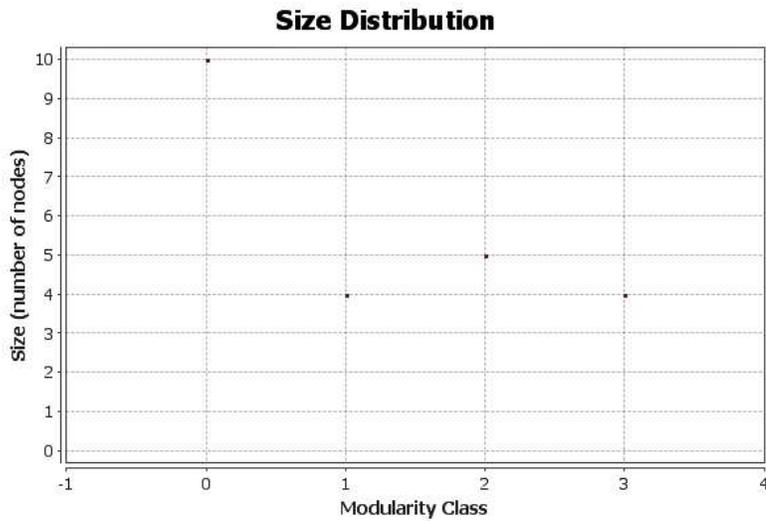


Figura K.6: distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa J.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura K.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
3	J16
3	J15
3	J19
3	J21
2	J11
2	J17
2	J18
2	J12
2	J14
1	J14
1	J15
1	J17
1	J23
0	J2
0	J3
0	J9
0	J10
0	J11
0	J13
0	J16
0	J18
0	J20
0	J22

Figura K.7: rede de coautoria do programa J - classificação em relação a modularidade.

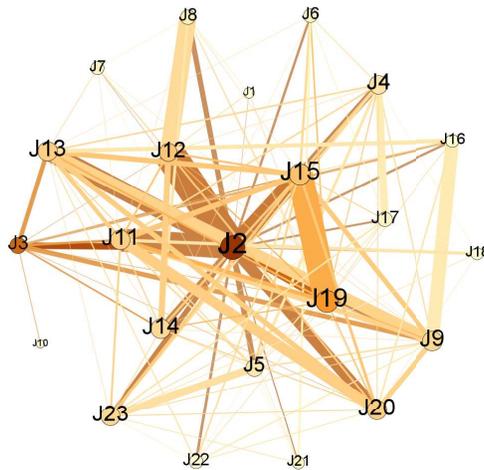


Figura K.8: rede de coautoria do programa J - centralidade de intermediação com rótulos.

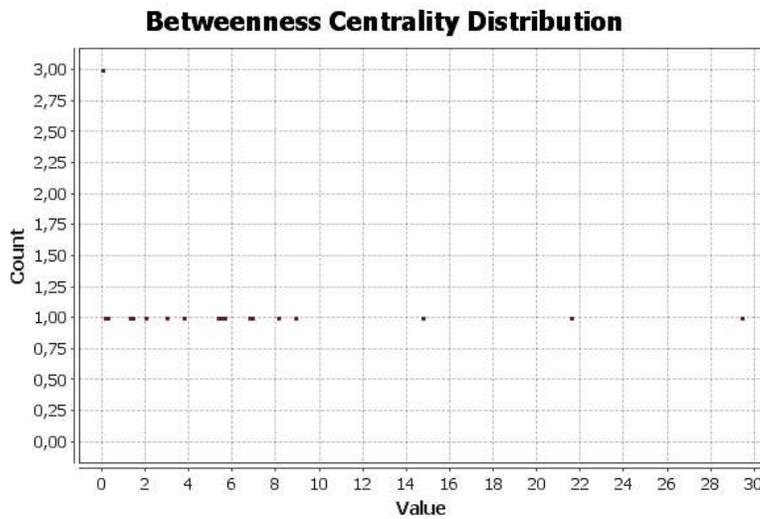


Figura K.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa J.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura K.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
29.40357142857142	J2
21.55238095238095	J3
14.736904761904759	J19
8.903571428571428	J15
8.075793650793651	J12
6.89047619047619	J20
6.868650793650795	J13
6.773809523809525	J11
5.588095238095238	J9
5.460714285714285	J23
5.30952380952381	J14
3.7718253968253967	J4
2.951190476190476	J5
1.999999999999996	J8
1.386111111111111	J21
1.375	J6
1.3011904761904762	J7
1.283333333333332	J17
0.26785714285714285	J18
0.1	J22
0.0	J1
0.0	J10
0.0	J16

Figura K.10: rede de coautoria do Programa J - Classificação em relação a centralidade de intermediação.

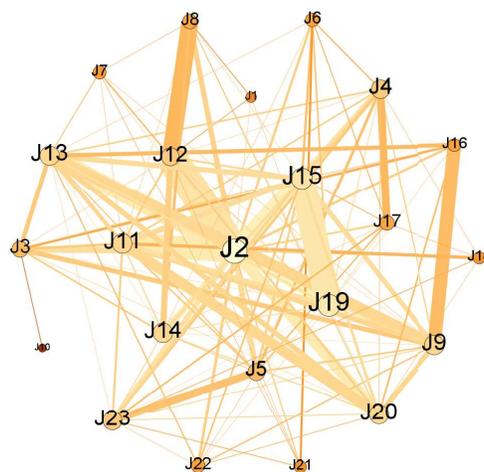


Figura K.11: rede de coautoria do programa J - centralidade de proximidade com rótulos.

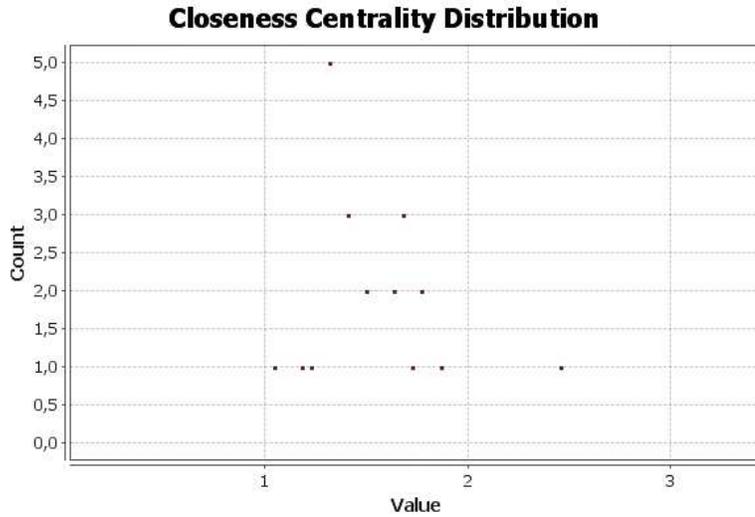


Figura K.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa J.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura K.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
2.4545454545454546	J10
1.8636363636363635	J1
1.7727272727272727	J18
1.7727272727272727	J21
1.7272727272727273	J7
1.6818181818181819	J6
1.6818181818181819	J16
1.6818181818181819	J22
1.6363636363636365	J8
1.6363636363636365	J17
1.5	J3
1.5	J5
1.4090909090909092	J4
1.4090909090909092	J12
1.4090909090909092	J23
1.3181818181818181	J9
1.3181818181818181	J11
1.3181818181818181	J13
1.3181818181818181	J14
1.3181818181818181	J20
1.2272727272727273	J15
1.1818181818181819	J19
1.0454545454545454	J2

Figura K.13: rede de coautoria do programa J - Classificação em relação a centralidade de proximidade.

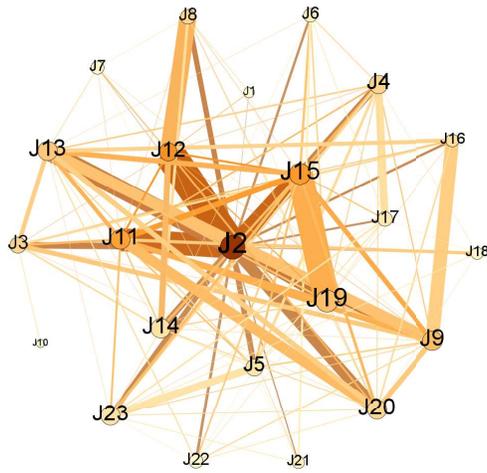


Figura K.14: rede de coautoria do programa J - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
3.94974	J2
2.17668	J12
2.02126	J15
1.9147	J11
1.38936	J9
1.33087	J19
1.17237	J13
0.948376	J4
0.922417	J3
0.907679	J8
0.900514	J20
0.738689	J16
0.688735	J14
0.665437	J23
0.64673	J5
0.582992	J17
0.429328	J6
0.388003	J21
0.315652	J18
0.277475	J22
0.26186	J7
0.1892	J10
0.181936	J1

Figura K.15: rede de coautoria do programa J - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice L

Grafos das Redes de Coautoria do Programa K: Física e Química de Materiais - UFSJ, MG.

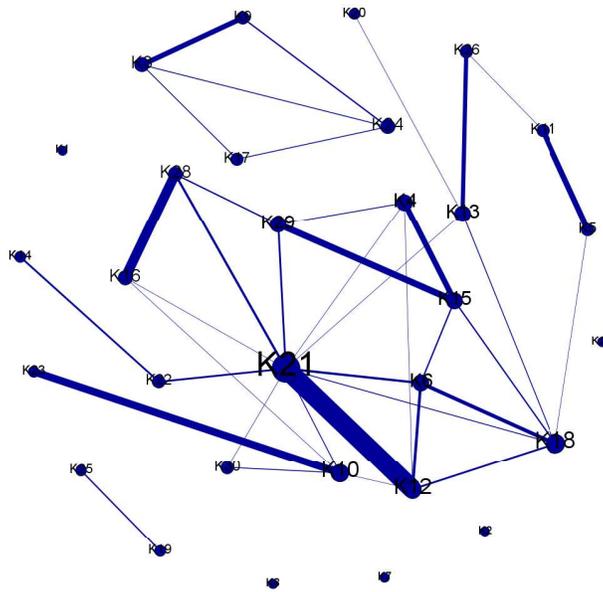


Figura L.1: rede de coautoria do programa K com rótulos.

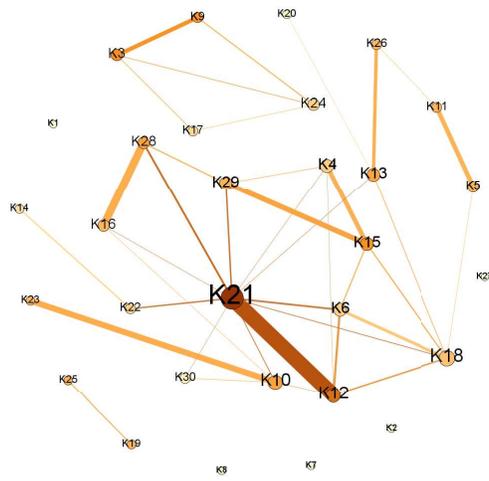


Figura L.2: rede de Coautoria do programa K - componentes com rótulos.

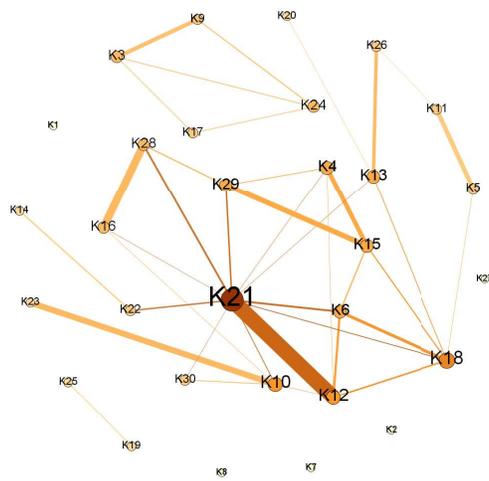


Figura L.3: rede de coautoria do programa K - hubs.

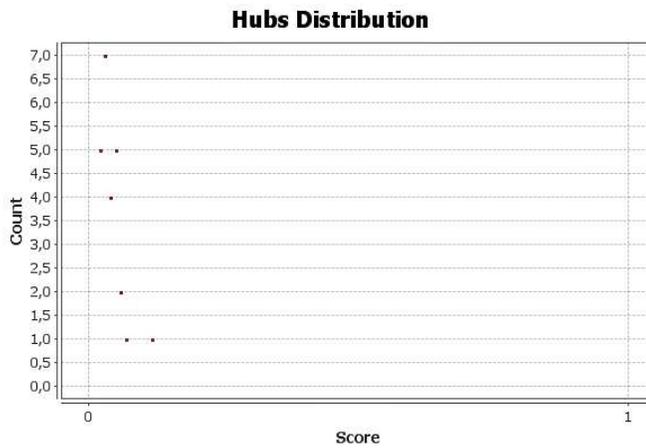


Figura L.4: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa K.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.116504855	K21
0.067961164	K18
0.058252428	K10
0.058252428	K12
0.048543688	K4
0.048543688	K6
0.048543688	K13
0.048543688	K15
0.048543688	K29
0.03883495	K3
0.03883495	K16
0.03883495	K24
0.03883495	K28
0.029126214	K5
0.029126214	K9
0.029126214	K11
0.029126214	K17
0.029126214	K22
0.029126214	K26
0.029126214	K30
0.019417476	K14
0.019417476	K19
0.019417476	K20
0.019417476	K23
0.019417476	K25
0.0	K1
0.0	K2
0.0	K7
0.0	K8
0.0	K27

Figura L.5: rede de coautoria do programa K - classificação em relação aos *hubs*.

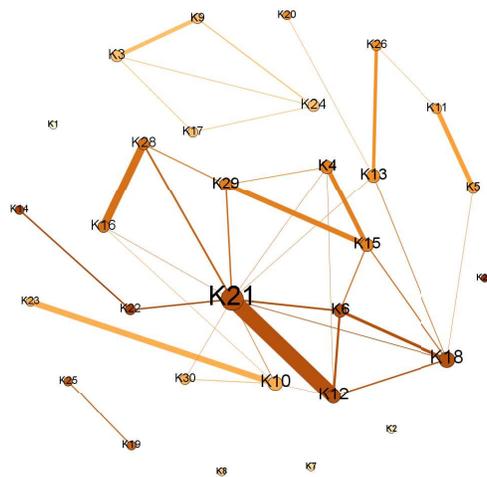


Figura L.6: rede de coautoria do programa K - modularidade com rótulos.

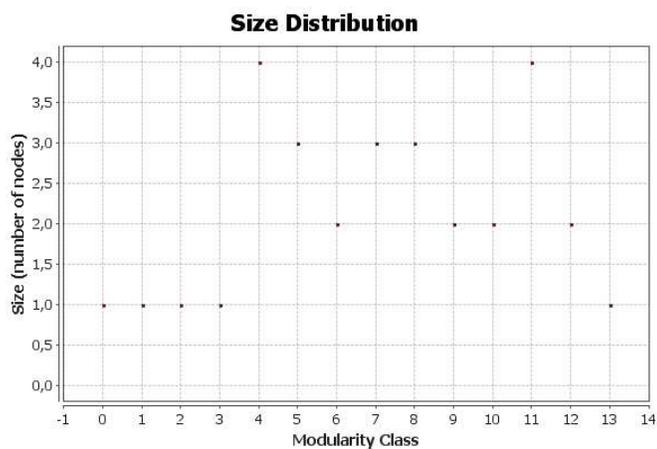


Figura L.7: distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa K.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura L.8 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
13	K27
12	K14
12	K22
11	K6
11	K12
11	K18
11	K21
10	K19
10	K25
9	K16
9	K28
8	K4
8	K15
8	K29
7	K13
7	K20
7	K26
6	K5
6	K11
5	K10
5	K23
5	K30
4	K3
4	K9
4	K17
4	K24
3	K8
2	K7
1	K2
0	K1

Figura L.8: rede de coautoria do programa K - classificação em relação a modularidade.

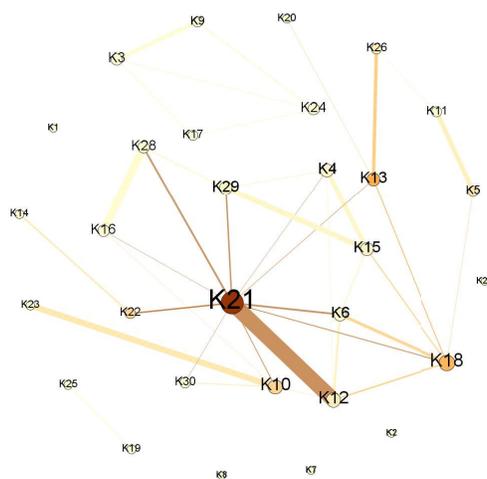


Figura L.9: rede de coautoria do programa K - centralidade de intermediação com rótulos.

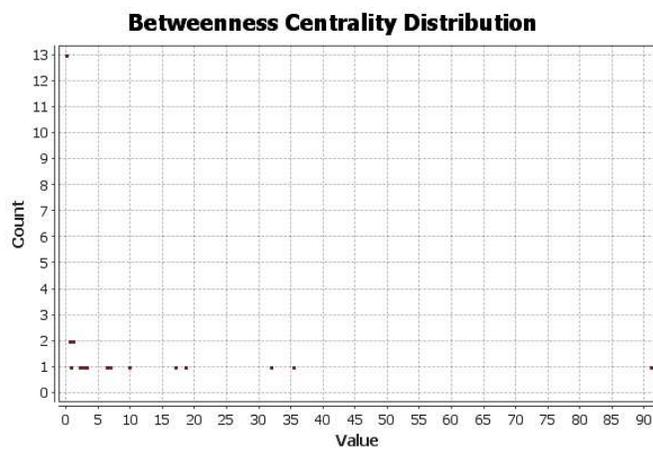


Figura L.10: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa K.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura L.11 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
90.94285714285714	K21
35.24999999999999	K13
31.854761904761904	K18
18.5	K10
17.0	K22
9.75	K5
6.773809523809524	K12
6.25	K26
3.185714285714286	K29
3.083333333333326	K15
2.604761904761905	K4
2.104761904761905	K6
1.0	K11
1.0	K16
0.7	K28
0.5	K3
0.5	K24
0.0	K1
0.0	K2
0.0	K7
0.0	K8
0.0	K9
0.0	K14
0.0	K17
0.0	K19
0.0	K20
0.0	K23
0.0	K25
0.0	K27
0.0	K30

Figura L.11: rede de coautoria do programa K - classificação em relação a centralidade de intermediação.

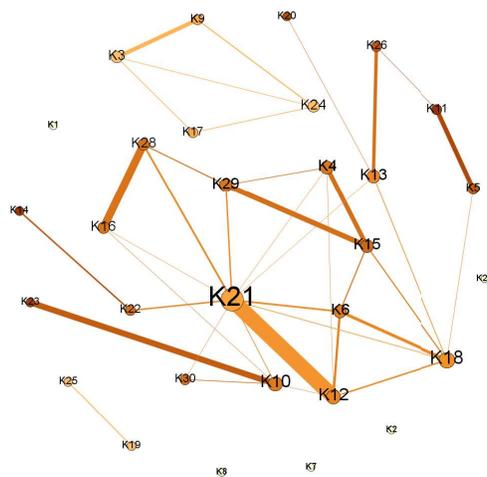


Figura L.12: rede de coautoria do programa K - centralidade de proximidade com rótulos.

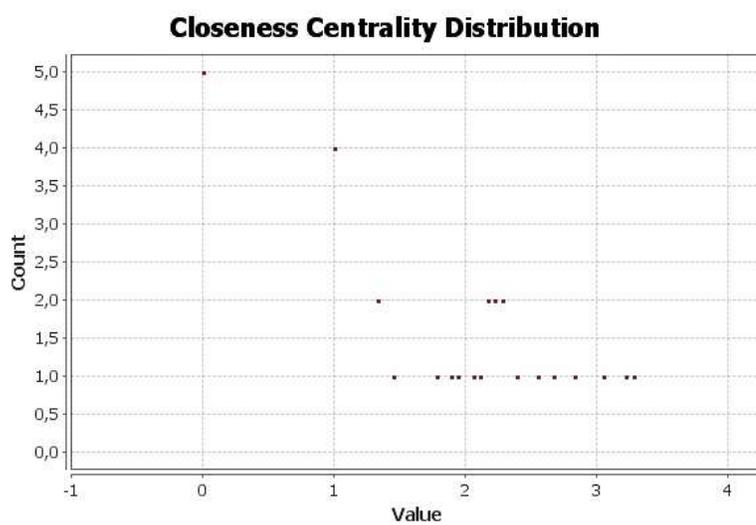


Figura L.13: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa K.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura L.14 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
3.2777777777777777	K11
3.2222222222222223	K14
3.0555555555555554	K23
2.8333333333333335	K20
2.6666666666666665	K26
2.5555555555555554	K5
2.388888888888889	K15
2.2777777777777777	K22
2.2777777777777777	K30
2.2222222222222223	K16
2.2222222222222223	K28
2.1666666666666665	K4
2.1666666666666665	K29
2.1111111111111111	K10
2.0555555555555554	K6
1.9444444444444444	K12
1.8888888888888888	K13
1.7777777777777777	K18
1.4444444444444444	K21
1.3333333333333333	K9
1.3333333333333333	K17
1.0	K3
1.0	K19
1.0	K24
1.0	K25
0.0	K1
0.0	K2
0.0	K7
0.0	K8
0.0	K27

Figura L.14: rede de coautoria do programa K - classificação em relação a centralidade de proximidade.

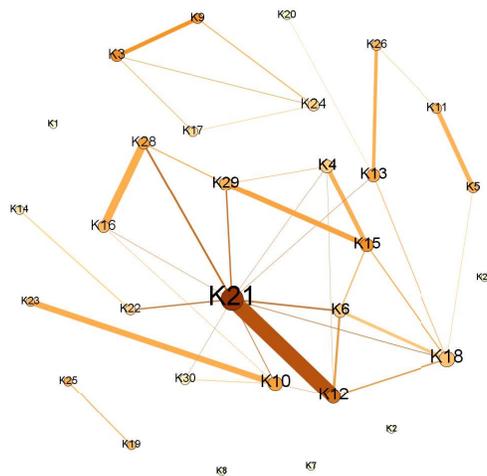


Figura L.15: rede de coautoria do programa K - rank de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
2.50905	K21
1.78548	K12
1.43253	K3
1.39112	K15
1.32812	K9
1.1924	K10
1.18909	K28
1.16391	K13
1.0066	K5
1.00377	K29
1.0	K19
1.0	K25
0.998649	K11
0.982288	K16
0.970325	K23
0.940325	K26
0.83953	K18
0.707704	K6
0.701988	K4
0.670177	K24
0.664264	K22
0.569172	K17
0.434133	K14
0.289025	K30
0.230347	K20
0.15	K1
0.15	K2
0.15	K7
0.15	K8
0.15	K27

Figura L.16: rede de coautoria do programa K - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice M

Grafos das Redes de Coautoria do Programa L: Modelagem Computacional - UFJF, MG.

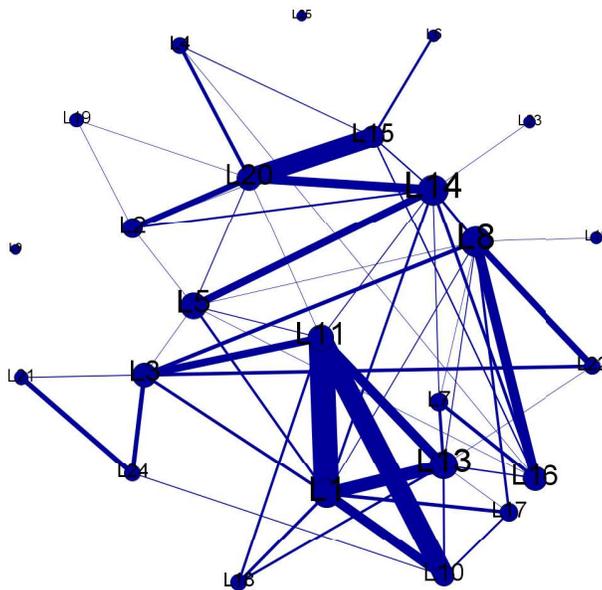


Figura M.1: rede de coautoria do programa L com rótulos.

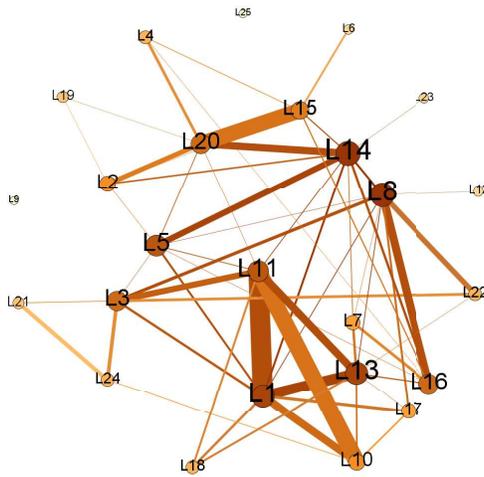


Figura M.2: rede de coautoria do programa L - *hubs*.

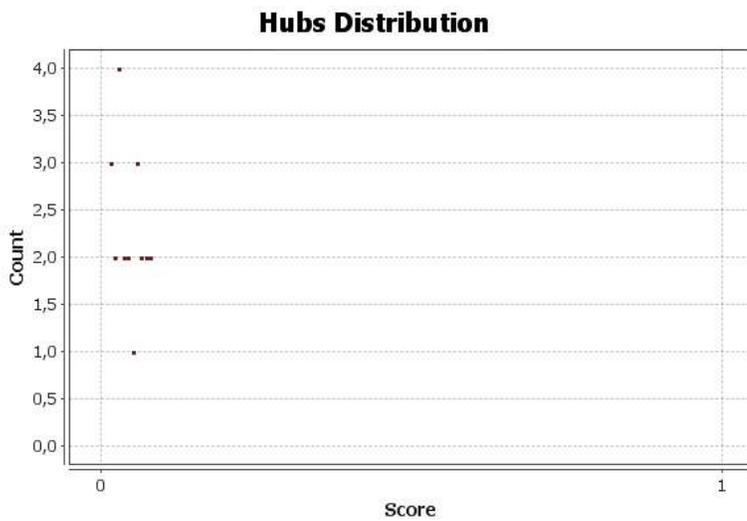


Figura M.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa L.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.07801419	L8
0.07801419	L14
0.07092199	L1
0.07092199	L13
0.06382979	L5
0.06382979	L11
0.056737587	L3
0.056737587	L16
0.056737587	L20
0.04964539	L15
0.04255319	L2
0.04255319	L10
0.035460994	L7
0.035460994	L17
0.028368793	L4
0.028368793	L18
0.028368793	L22
0.028368793	L24
0.021276595	L19
0.021276595	L21
0.014184397	L6
0.014184397	L12
0.014184397	L23
0.0	L9
0.0	L25

Figura M.4: rede de coautoria do programa L - classificação em relação aos *hubs*.

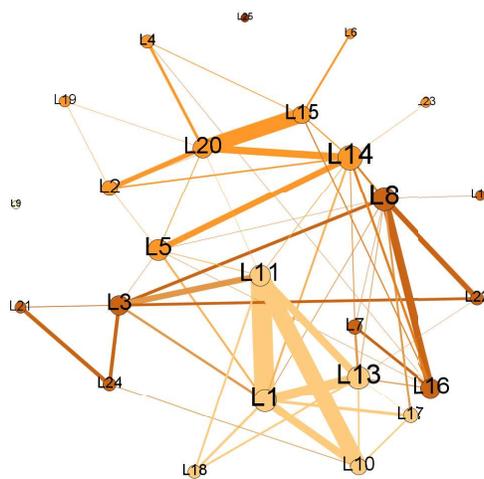


Figura M.5: rede de coautoria do programa L - modularidade com rótulos.

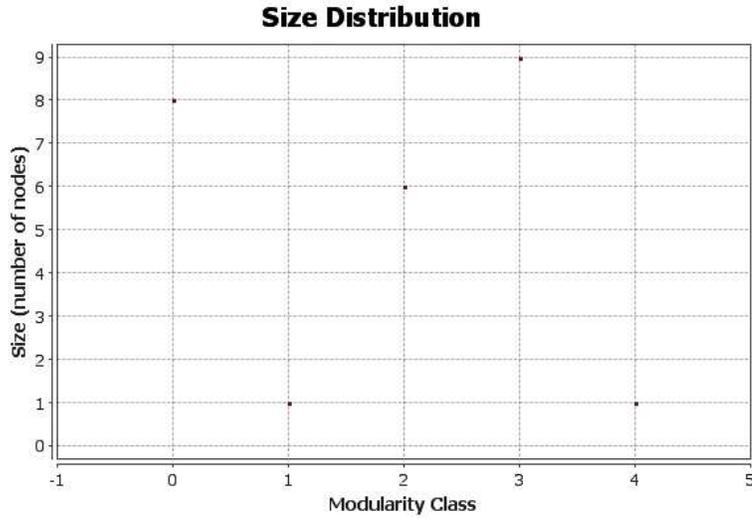


Figura M.6: distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa L.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura M.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
	4L25
	3L3
	3L7
	3L8
	3L12
	3L16
	3L21
	3L22
	3L24
	2L2
	2L4
	2L5
	2L6
	2L14
	2L15
	2L19
	2L20
	2L23
	1L1
	1L10
	1L11
	1L13
	1L17
	1L18
	0L9

Figura M.7: rede de coautoria do programa L - classificação em relação a modularidade.

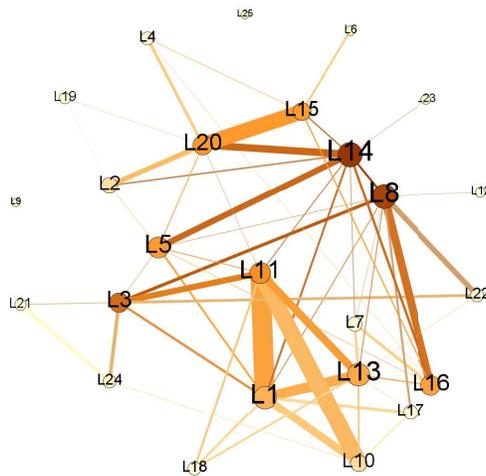


Figura M.8: rede de coautoria do programa L - centralidade de intermediação com rótulos.

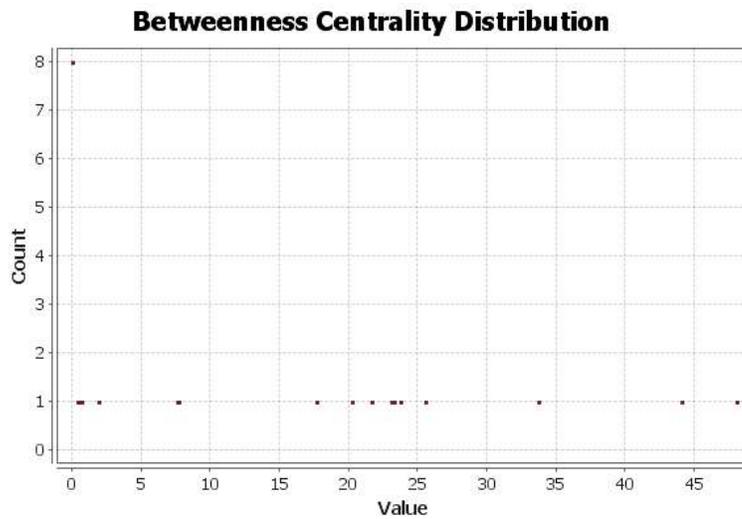


Figura M.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa L.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura M.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
48.01546509046509	L14
44.06941669441669	L8
33.67628205128205	L3
25.48663281163281	L11
23.732461982461984	L20
23.25162337662338	L15
23.108530358530356	L5
21.606487956487953	L16
20.187612387612386	L13
17.683738483738484	L1
7.732484182484183	L10
7.5821650571650565	L2
1.8666666666666665	L24
0.6666666666666666	L17
0.49090909090909096	L7
0.44999999999999996	L22
0.39285714285714285	L4
0.0	L6
0.0	L9
0.0	L12
0.0	L18
0.0	L19
0.0	L21
0.0	L23
0.0	L25

Figura M.10: rede de coautoria do programa L - classificação em relação a centralidade de intermediação.

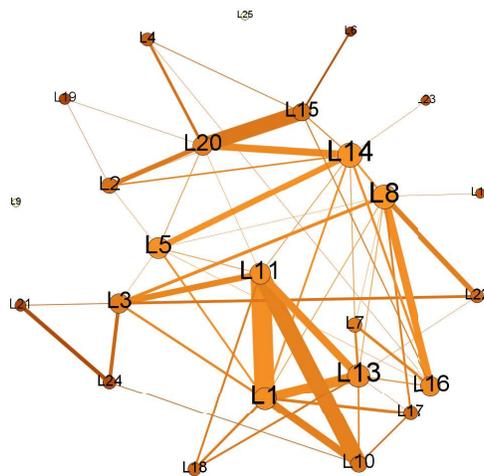


Figura M.11: rede de coautoria do programa L - centralidade de proximidade com rótulos.

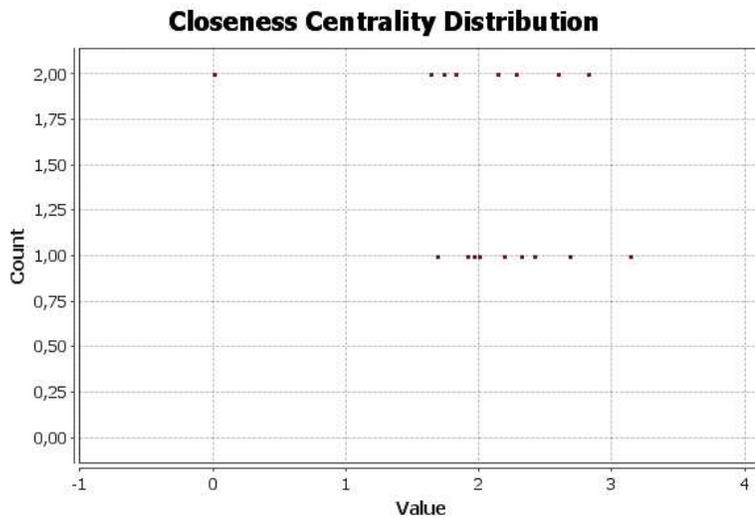


Figura M.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa L.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura M.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
3.13636363636362	L6
2.81818181818183	L19
2.81818181818183	L21
2.68181818181817	L24
2.590909090909091	L12
2.590909090909091	L23
2.409090909090909	L4
2.31818181818183	L18
2.272727272727273	L17
2.272727272727273	L22
2.18181818181817	L15
2.13636363636362	L2
2.13636363636362	L10
2.0	L7
1.9545454545454546	L3
1.9090909090909092	L20
1.81818181818181	L13
1.81818181818181	L16
1.7272727272727273	L1
1.7272727272727273	L11
1.68181818181819	L5
1.63636363636365	L8
1.63636363636365	L14
0.0	L9
0.0	L25

Figura M.13: rede de coautoria do programa L - classificação em relação a centralidade de proximidade.

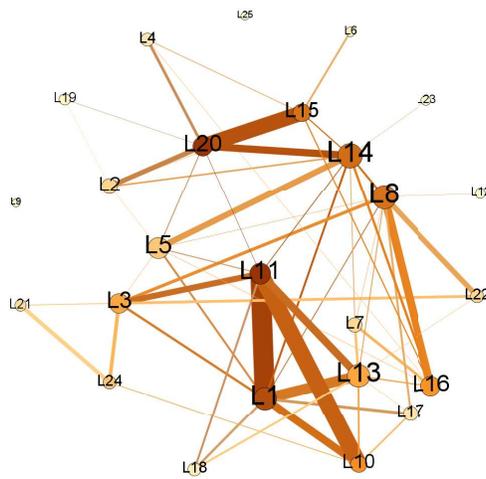


Figura M.14: rede de coautoria do programa L - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
2.42763	L20
2.4266	L11
2.11536	L1
1.76375	L14
1.71347	L8
1.70439	L15
1.38114	L10
1.33854	L16
1.14187	L13
1.11334	L3
0.796319	L24
0.758663	L5
0.618196	L2
0.5697	L7
0.567868	L22
0.500734	L21
0.462382	L17
0.399057	L4
0.309129	L18
0.308277	L6
0.221803	L19
0.181155	L12
0.180645	L23
0.15	L9
0.15	L25

Figura M.15: rede de coautoria do programa L - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice N

Grafos das Redes de Coautoria do Programa M: Modelagem Computacional - UERJ, RJ.

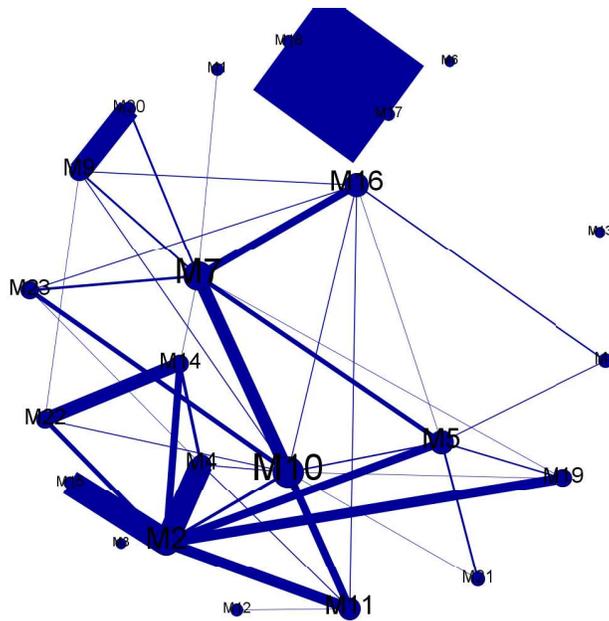


Figura N.1: rede de coautoria do programa M com rótulos.

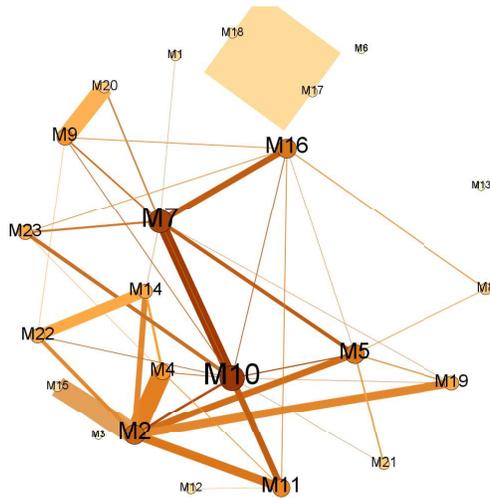


Figura N.2: rede de coautoria do programa M - hubs.

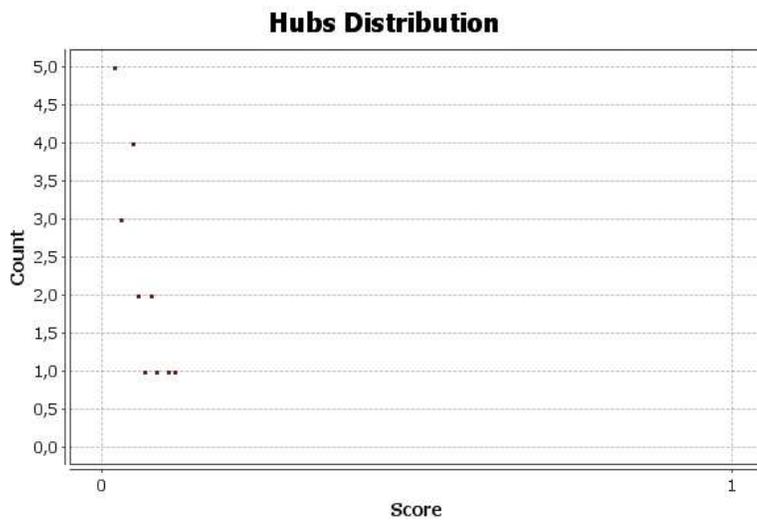


Figura N.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa M.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.11320755	M10
0.10377359	M7
0.08490566	M2
0.0754717	M5
0.0754717	M16
0.06603774	M11
0.056603774	M4
0.056603774	M9
0.047169812	M14
0.047169812	M19
0.047169812	M22
0.047169812	M23
0.028301887	M8
0.028301887	M20
0.028301887	M21
0.018867925	M1
0.018867925	M12
0.018867925	M15
0.018867925	M17
0.018867925	M18
0.0	M3
0.0	M6
0.0	M13

Figura N.4: rede de coautoria do programa M - classificação em relação aos *hubs*.

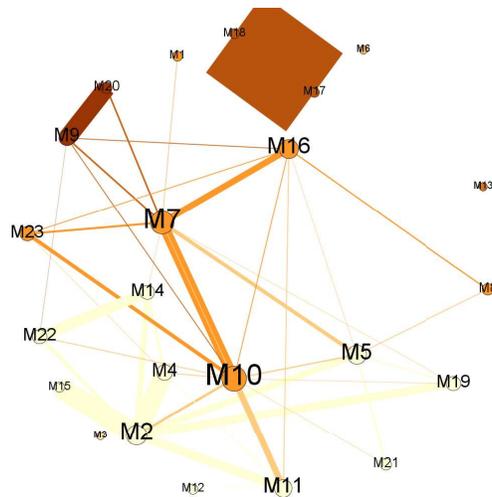


Figura N.5: rede de coautoria do programa M - modularidade com rótulos.

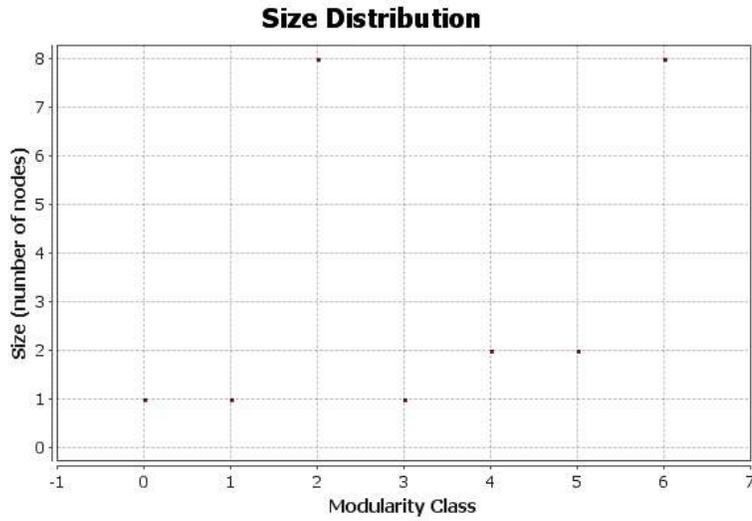


Figura N.6: distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa M.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura N.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
6	M9
6	M20
5	M17
5	M18
4	M13
3	M1
3	M7
3	M8
3	M10
3	M16
3	M23
2	M6
1	M3
0	M2
0	M4
0	M5
0	M11
0	M12
0	M14
0	M15
0	M19
0	M21
0	M22

Figura N.7: rede de coautoria do programa M - classificação em relação a modularidade.

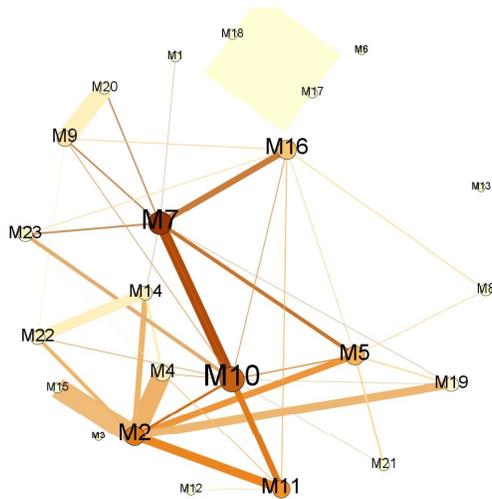


Figura N.8: rede de coautoria do programa M - centralidade de intermediação com rótulos.

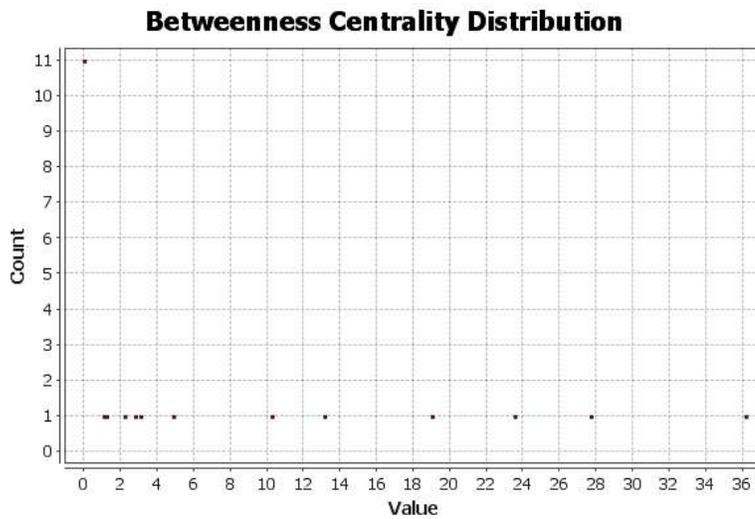


Figura N.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa M.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura N.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
36.1452380952381	M7
27.67142857142857	M10
23.533333333333335	M2
18.985714285714284	M11
13.152380952380952	M5
10.266666666666667	M16
4.854761904761904	M9
3.0833333333333333	M4
2.7857142857142856	M14
2.2023809523809526	M22
1.2333333333333334	M23
1.0857142857142859	M19
0.0	M1
0.0	M3
0.0	M6
0.0	M8
0.0	M12
0.0	M13
0.0	M15
0.0	M17
0.0	M18
0.0	M20
0.0	M21

Figura N.10: rede de coautoria do Programa M - Classificação em relação a centralidade de intermediação.

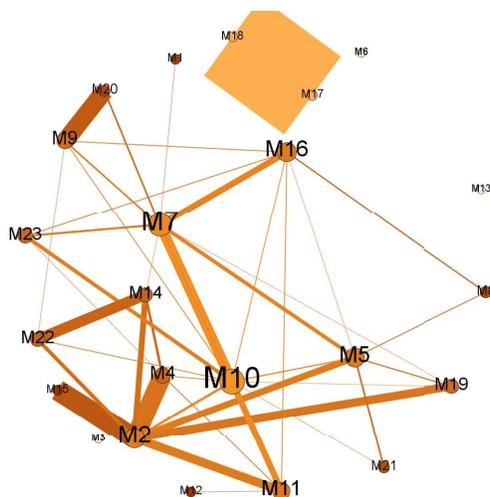


Figura N.11: rede de coautoria do programa M - centralidade de proximidade com rótulos.

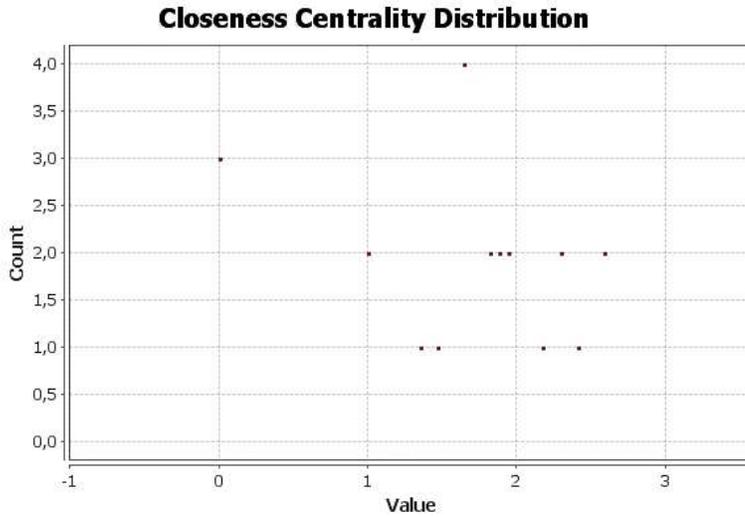


Figura N.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa M.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura N.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
2.588235294117647	M12
2.588235294117647	M15
2.411764705882353	M1
2.2941176470588234	M8
2.2941176470588234	M20
2.176470588235294	M21
1.9411764705882353	M14
1.9411764705882353	M22
1.8823529411764706	M4
1.8823529411764706	M23
1.8235294117647058	M9
1.8235294117647058	M19
1.6470588235294117	M2
1.6470588235294117	M5
1.6470588235294117	M11
1.6470588235294117	M16
1.4705882352941178	M7
1.3529411764705883	M10
1.0	M17
1.0	M18
0.0	M3
0.0	M6
0.0	M13

Figura N.13: rede de coautoria do Programa M - Classificação em relação a centralidade de proximidade.

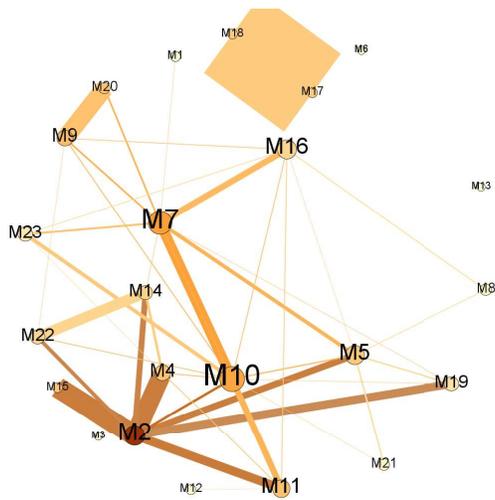


Figura N.14: rede de coautoria do programa M - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
4	M17
4	M18
3	M13
2	M6
1	M3
0	M1
0	M2
0	M4
0	M5
0	M7
0	M8
0	M9
0	M10
0	M11
0	M12
0	M14
0	M15
0	M16
0	M19
0	M20
0	M21
0	M22
0	M23

Figura N.15: rede de coautoria do programa M - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice O

Grafos das Redes de Coautoria do Programa N: Modelagem Computacional - LNCC, RJ.

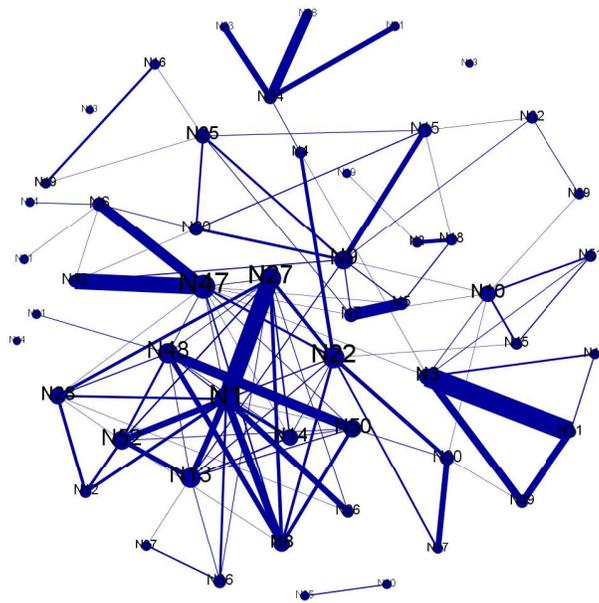


Figura O.1: rede de coautoria do programa N com rótulos.

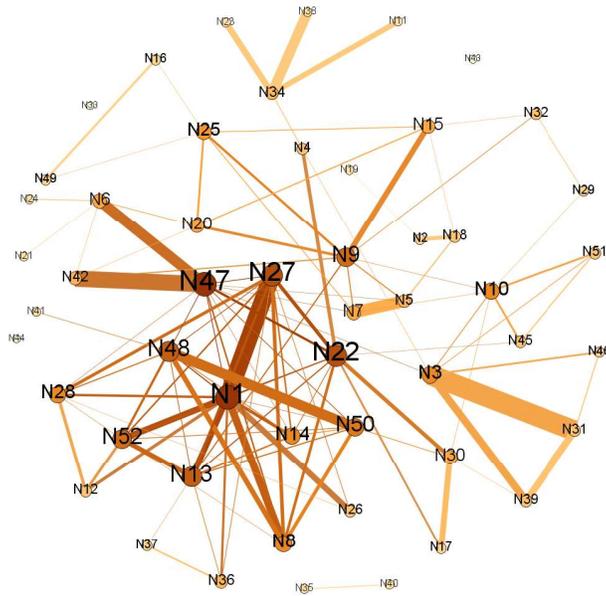


Figura O.2: rede de coautoria do programa N - *hubs*.

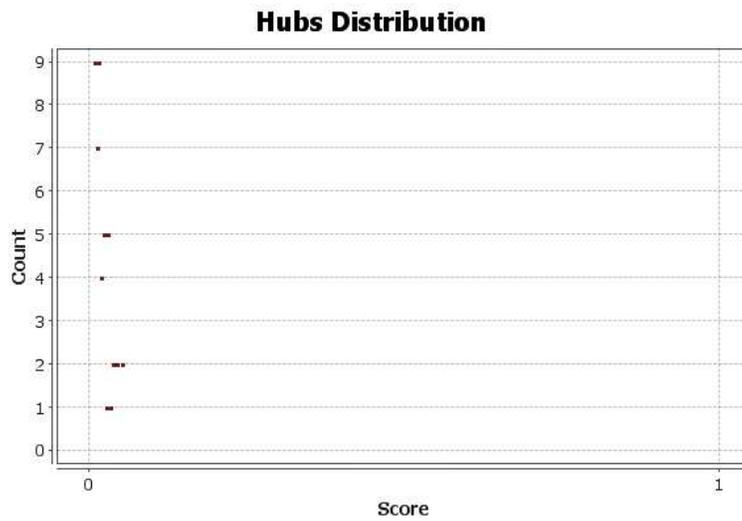


Figura O.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa N.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.05090909	N1
0.05090909	N47
0.04363636	N22
0.04363636	N27
0.04	N13
0.04	N48
0.03636363	N9
0.03636363	N52
0.03272727	N50
0.02909091	N3
0.02909091	N8
0.02909091	N10
0.02909091	N14
0.02909091	N28
0.02545454	N25
0.02181818	N6
0.02181818	N7
0.02181818	N15
0.02181818	N20
0.02181818	N30
0.01818181	N5
0.01818181	N34
0.01818181	N36
0.01818181	N42
0.01454545	N4
0.01454545	N12
0.01454545	N18
0.01454545	N26
0.01454545	N31
0.01454545	N32
0.01454545	N39
0.01454545	N45
0.01454545	N51
0.01090909	N2
0.01090909	N16
0.01090909	N17
0.01090909	N29
0.01090909	N37
0.01090909	N46
0.01090909	N49
0.00727272	N11
0.00727272	N19
0.00727272	N21
0.00727272	N23
0.00727272	N24
0.00727272	N35
0.00727272	N38
0.00727272	N40
0.00727272	N41
0.0	N33
0.0	N43
0.0	N44

Figura O.4: rede de coautoria do programa N - classificação em relação aos *hubs*.

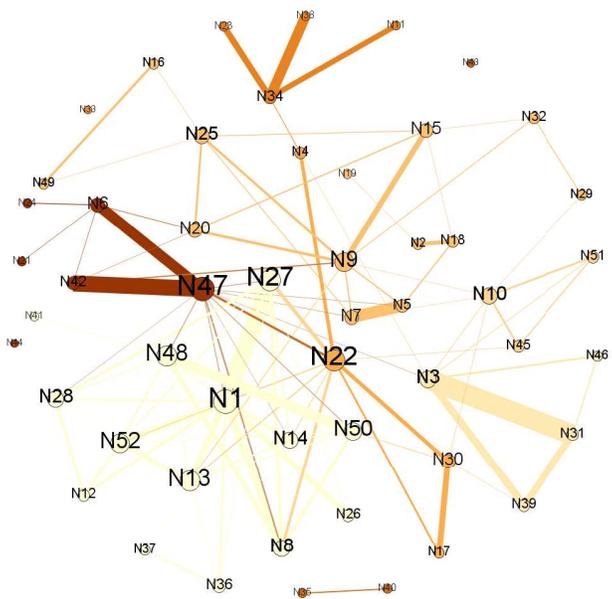


Figura O.5: rede de coautoria do programa N - modularidade com rótulos.

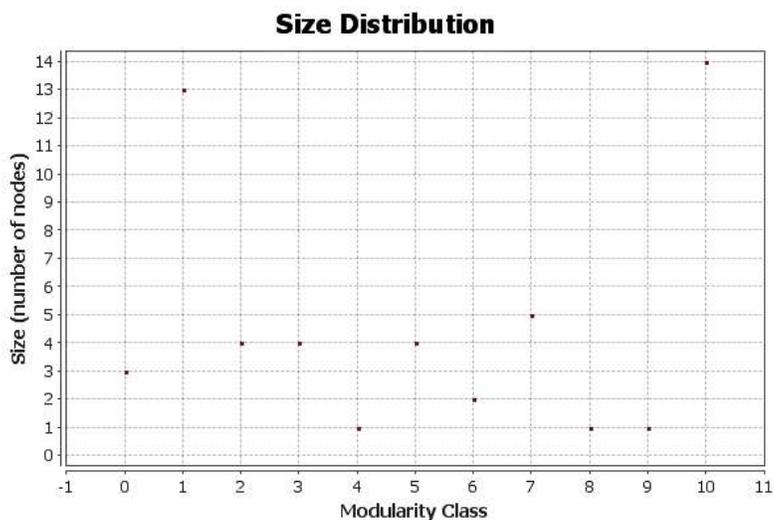


Figura O.6: distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa N.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura O.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
10	N6
10	N21
10	N24
10	N42
10	N47
9	N44
8	N43
7	N35
7	N40
6	N11
6	N23
6	N34
6	N38
5	N33
4	N4
4	N17
4	N22
4	N30
3	N2
3	N5
3	N7
3	N9
3	N15
3	N16
3	N18
3	N19
3	N20
3	N25
3	N29
3	N32
3	N49
2	N10
2	N45
2	N51
1	N3
1	N31
1	N39
1	N46
0	N1
0	N8
0	N12
0	N13
0	N14
0	N26
0	N27
0	N28
0	N36
0	N37
0	N41
0	N48
0	N50
0	N52

Figura O.7: rede de coautoria do programa N - classificação em relação a modularidade.

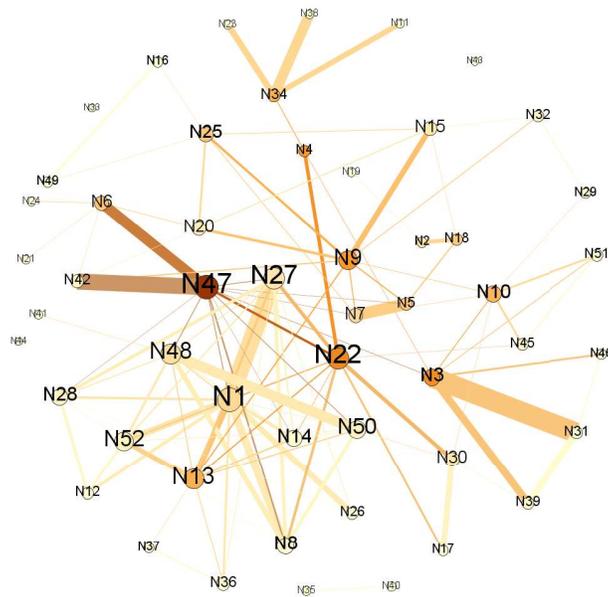


Figura O.8: rede de coautoria do programa N - centralidade de intermediação com rótulos.

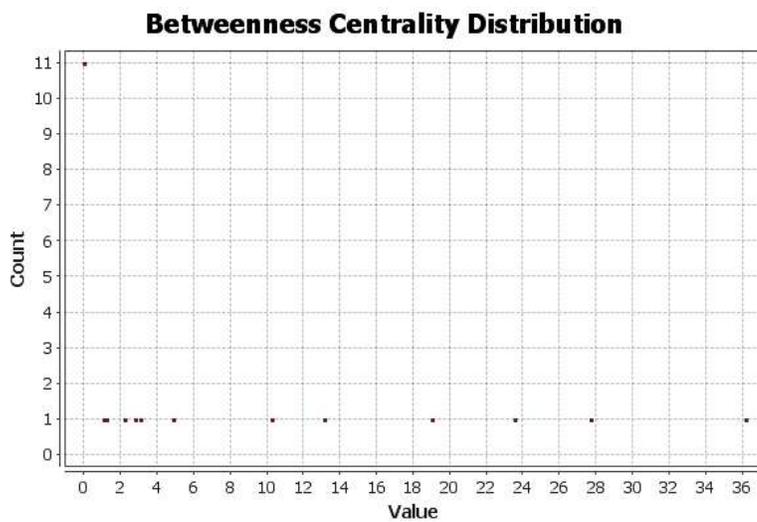


Figura O.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa N.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura O.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
349.7339826839826	N47
199.1306471306471	N22
190.66529304029302	N3
171.69085081585084	N9
170.7666666666668	N4
132.01354478854483	N13
132.0	N34
118.37738095238097	N10
97.01902264402268	N6
95.11264846264847	N5
89.31068931068931	N25
88.81068931068931	N18
64.23611666111667	N1
62.20056055056053	N7
50.91505439005439	N48
45.0	N2
38.17228882228882	N27
37.19523809523809	N15
37.10338827838827	N30
26.082092907092903	N20
21.711782661782667	N50
18.276465201465196	N28
17.965054390054387	N52
14.28645798645798	N42
11.614285714285712	N32
10.332417582417582	N45
6.0	N29
5.216666666666666	N39
4.7369047619047615	N8
4.707142857142857	N14
3.8333333333333335	N36
1.75	N51
1.033333333333332	N31
0.0	N11
0.0	N12
0.0	N16
0.0	N17
0.0	N19
0.0	N21
0.0	N23
0.0	N24
0.0	N26
0.0	N33
0.0	N35
0.0	N37
0.0	N38
0.0	N40
0.0	N41
0.0	N43
0.0	N44
0.0	N46
0.0	N49

Figura O.10: rede de coautoria do Programa N - Classificação em relação a centralidade de intermediação.

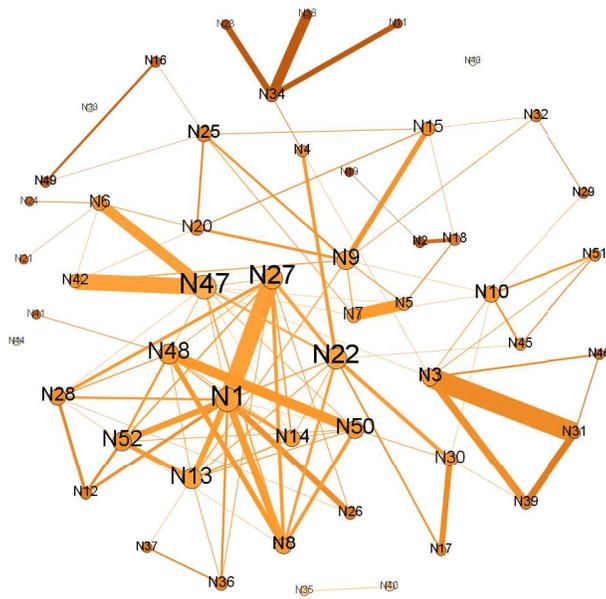


Figura O.11: rede de coautoria do programa N - centralidade de proximidade com rótulos.

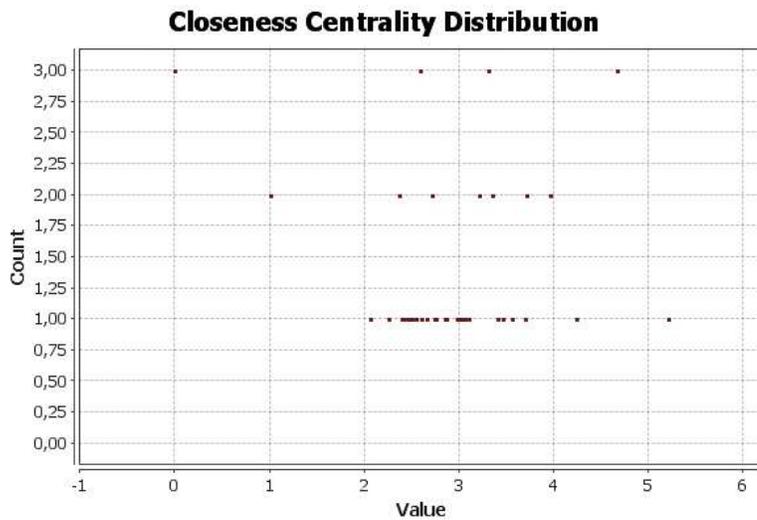


Figura O.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa N.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura O.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
5.217391304347826	N19
4.673913043478261	N11
4.673913043478261	N23
4.673913043478261	N38
4.239130434782608	N2
3.9565217391304346	N16
3.9565217391304346	N49
3.717391304347826	N21
3.717391304347826	N24
3.6956521739130435	N34
3.5652173913043477	N41
3.4565217391304346	N29
3.4130434782608696	N46
3.347826086956522	N31
3.347826086956522	N37
3.3043478260869565	N12
3.3043478260869565	N18
3.3043478260869565	N26
3.217391304347826	N32
3.217391304347826	N39
3.108695652173913	N17
3.0652173913043477	N36
3.0434782608695654	N51
3.0217391304347827	N15
3.0	N25
2.9782608695652173	N20
2.869565217391304	N45
2.847826086956522	N4
2.760869565217391	N28
2.739130434782609	N6
2.717391304347826	N30
2.717391304347826	N52
2.652173913043478	N42
2.608695652173913	N10
2.5869565217391304	N5
2.5869565217391304	N8
2.5869565217391304	N48
2.5434782608695654	N50
2.5	N14
2.4782608695652173	N7
2.4565217391304346	N3
2.4130434782608696	N27
2.391304347826087	N13
2.369565217391304	N1
2.369565217391304	N9
2.260869565217391	N22
2.0652173913043477	N47
1.0	N35
1.0	N40
0.0	N33
0.0	N43
0.0	N44

Figura O.13: rede de coautoria do programa N - classificação em relação a centralidade de proximidade.

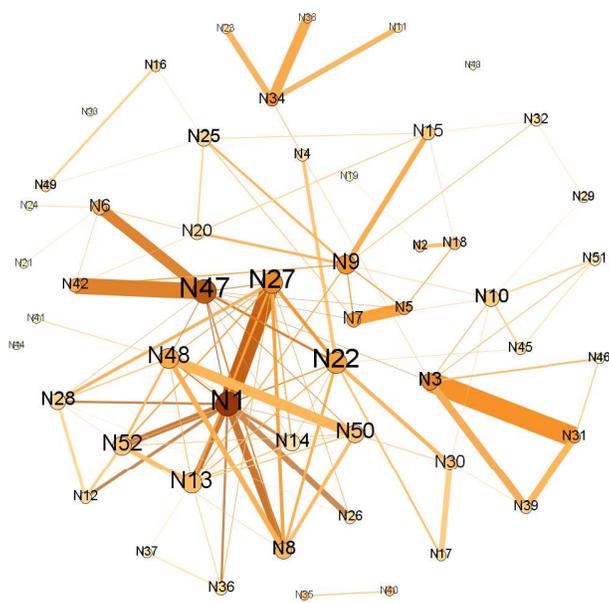


Figura O.14: rede de coautoria do programa N - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
3.24244	N1
2.66819	N47
1.92182	N3
1.8725	N27
1.8191	N34
1.76495	N9
1.66022	N31
1.57179	N7
1.54796	N5
1.49833	N22
1.42708	N48
1.41927	N42
1.30438	N6
1.20786	N8
1.14453	N13
1.13005	N18
1.06748	N50
1.02632	N52
1.01247	N30
1.0	N35
1.0	N40
0.998848	N2
0.990593	N38
0.933724	N15
0.901686	N10
0.822959	N16
0.822959	N49
0.816484	N39
0.716914	N28
0.714454	N25
0.691485	N20
0.690999	N12
0.685969	N17
0.667288	N23
0.618873	N36
0.602627	N11
0.582694	N45
0.548899	N26
0.545116	N14
0.510589	N4
0.509955	N51
0.508281	N32
0.38795	N29
0.30557	N37
0.272674	N46
0.231369	N19
0.220955	N24
0.207873	N41
0.185478	N21
0.15	N33
0.15	N43
0.15	N44

Figura O.15: rede de coautoria do programa N - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

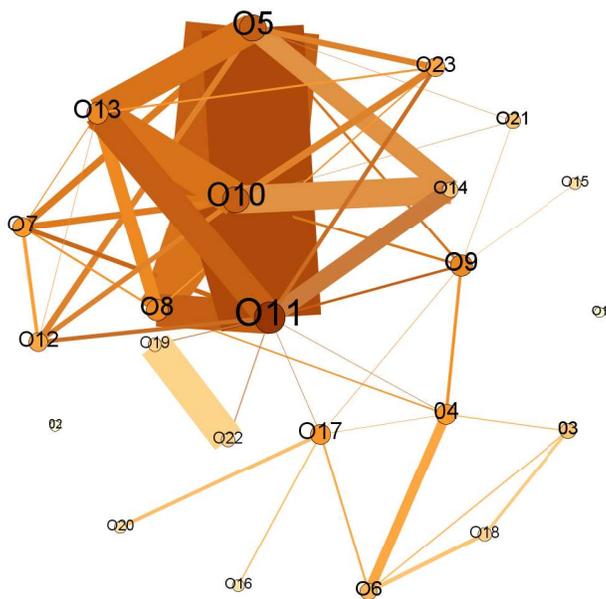


Figura P.2: rede de coautoria do programa O - *hubs*.

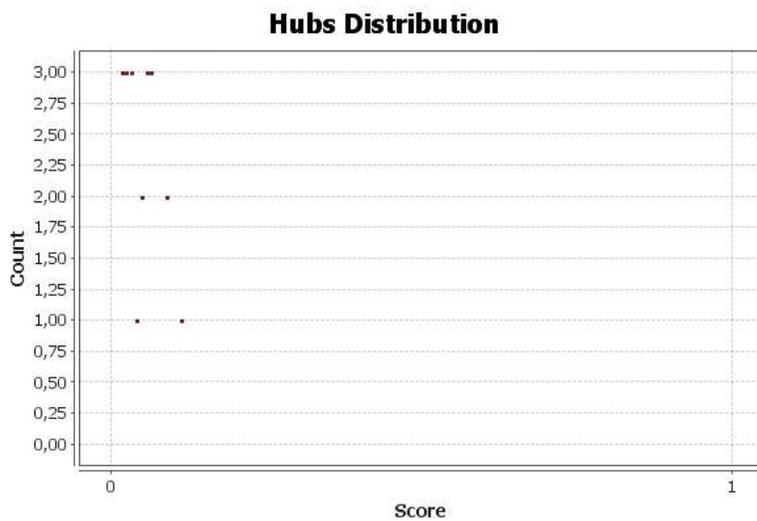


Figura P.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa O.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

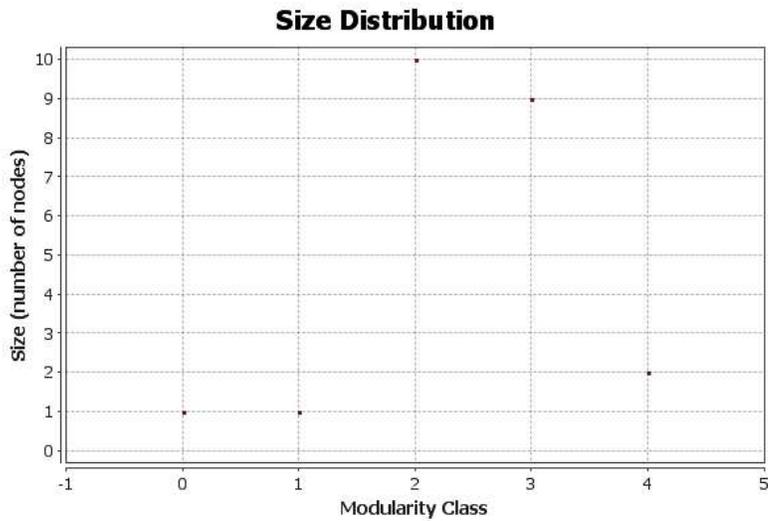


Figura P.6: distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa O.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura P.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
4	019
4	022
3	03
3	04
3	06
3	09
3	015
3	016
3	017
3	018
3	020
3	021
2	05
2	07
2	08
2	010
2	011
2	012
2	013
2	014
2	023
1	02
0	01

Figura P.7: rede de coautoria do programa O - classificação em relação a modularidade.

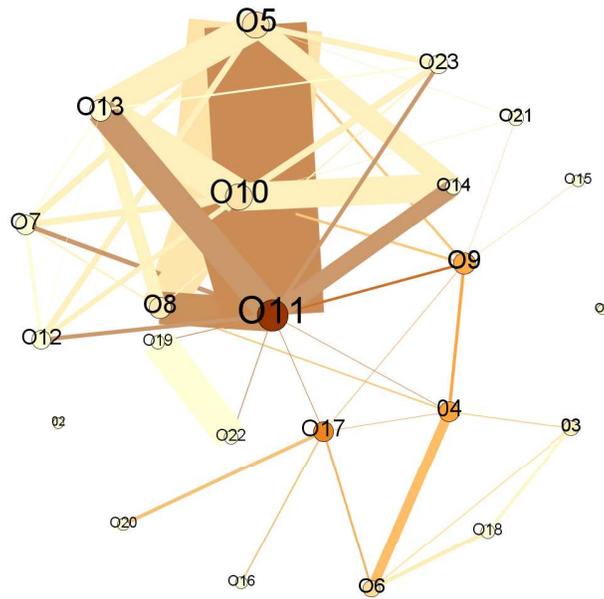


Figura P.8: rede de coautoria do programa O - centralidade de intermediação com rótulos.

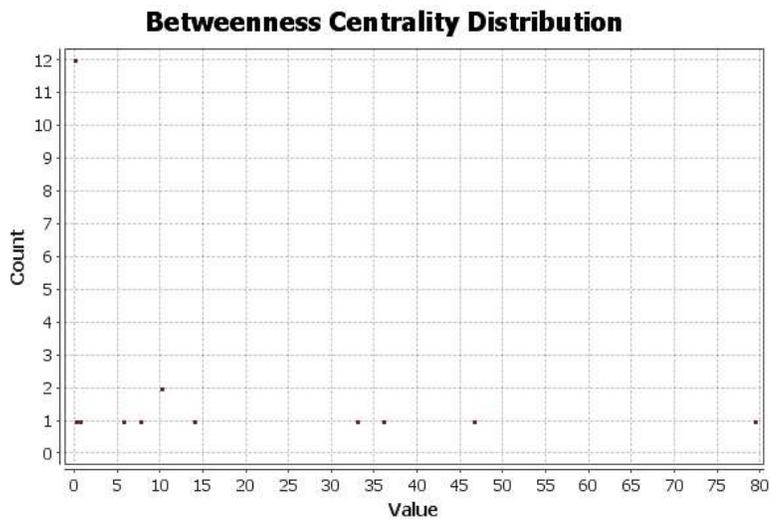


Figura P.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa O.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura P.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
79,33333333333333	O11
46,56666666666666	O17
35,93333333333334	O4
32,88333333333333	O9
13,88333333333335	O6
10,149999999999999	O5
10,149999999999999	O10
7,633333333333333	O8
5,616666666666667	O3
	0,65 O13
	0,2 O7
	0,0 O1
	0,0 O2
	0,0 O12
	0,0 O14
	0,0 O15
	0,0 O16
	0,0 O18
	0,0 O19
	0,0 O20
	0,0 O21
	0,0 O22
	0,0 O23

Figura P.10: rede de coautoria do programa O - classificação em relação a centralidade de intermediação.

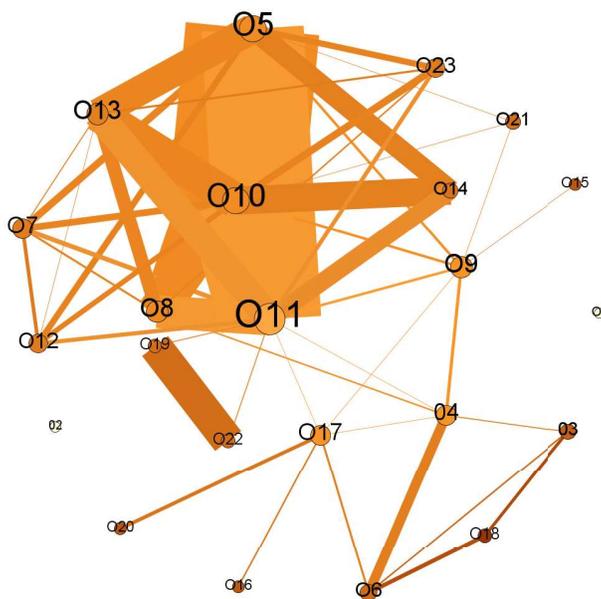


Figura P.11: rede de coautoria do programa O - centralidade de proximidade com rótulos.

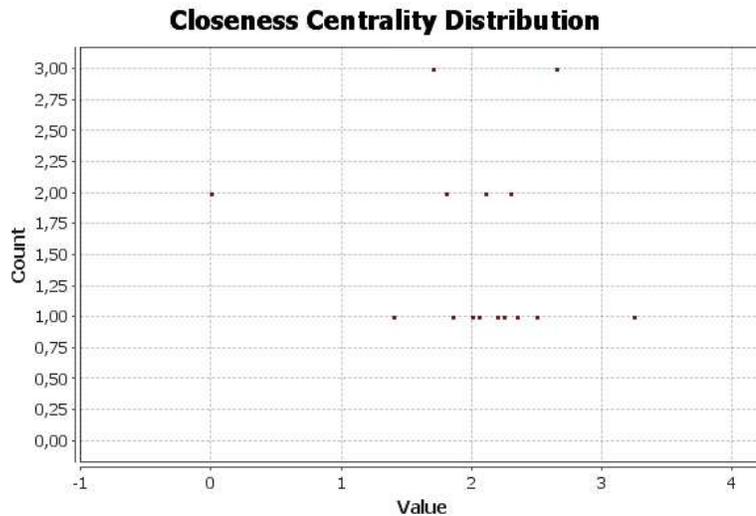


Figura P.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa O.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura P.13 temos a Tabela referente a essa distribuição

Classificar	Rótulo
3.25	O18
2.65	O15
2.65	O16
2.65	O20
2.50	O3
2.35	O6
2.30	O19
2.30	O22
2.25	O21
2.20	O14
2.10	O12
2.10	O23
2.05	O7
2.00	O13
1.85	O8
1.80	O5
1.80	O10
1.70	O4
1.70	O9
1.70	O17
1.40	O11
0.00	O1
0.00	O2

Figura P.13: rede de coautoria do programa O - classificação em relação a centralidade de proximidade.

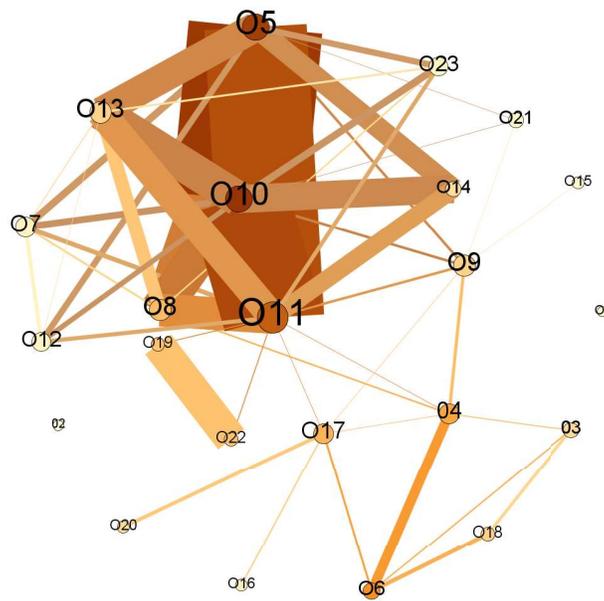


Figura P.14: rede de coautoria do programa O - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
2.96142	O10
2.7933	O5
2.34709	O11
1.65801	O6
1.36305	O4
1.1666	O17
1.0638	O8
0.972178	O19
0.972178	O22
0.775517	O18
0.757258	O13
0.736363	O9
0.635616	O3
0.602724	O14
0.60036	O20
0.343011	O16
0.303293	O7
0.282154	O12
0.268698	O23
0.202875	O21
0.194504	O15
0.15	O1
0.15	O2

Figura P.15: rede de coautoria do programa O - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice Q

Grafos das Redes de Coautoria do Programa P: Modelagem Computacional de Conhecimento - UFAL, AL.

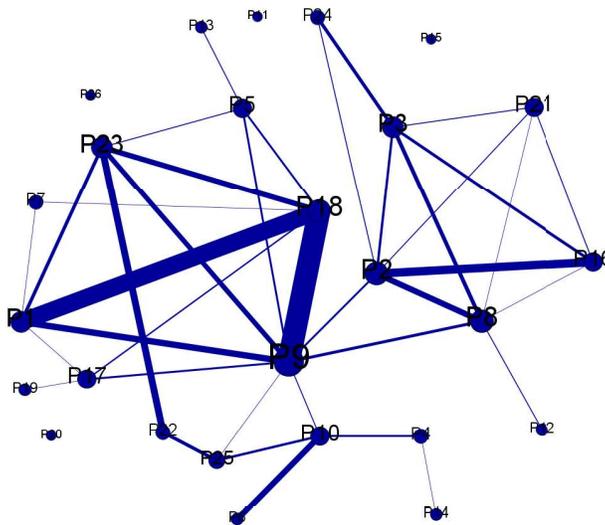


Figura Q.1: rede de coautoria do programa P com rótulos.

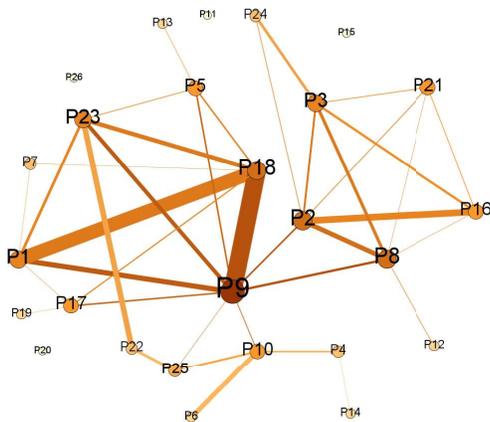


Figura Q.2: rede de coautoria do programa P - *hubs*.

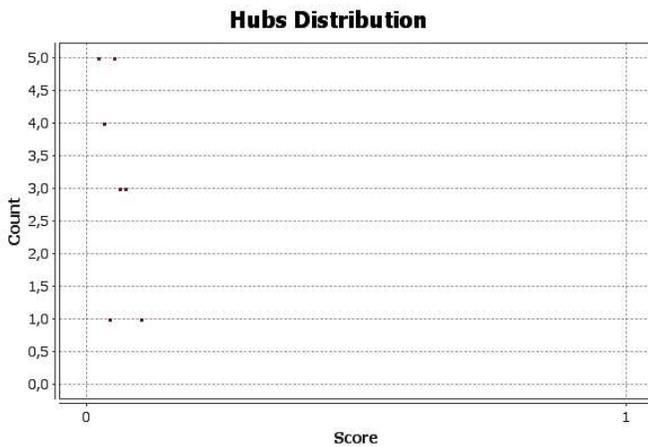


Figura Q.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa P.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.1	P9
0.07	P2
0.07	P8
0.07	P18
0.06	P1
0.06	P3
0.06	P23
0.05	P5
0.05	P10
0.05	P16
0.05	P17
0.05	P21
0.04	P25
0.03	P4
0.03	P7
0.03	P22
0.03	P24
0.02	P6
0.02	P12
0.02	P13
0.02	P14
0.02	P19
0.0	P11
0.0	P15
0.0	P20
0.0	P26

Figura Q.4: rede de coautoria do programa P - classificação em relação aos *hubs*.

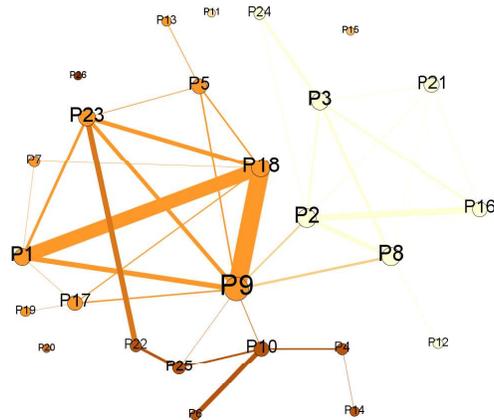


Figura Q.5: rede de coautoria do programa P - modularidade com rótulos.

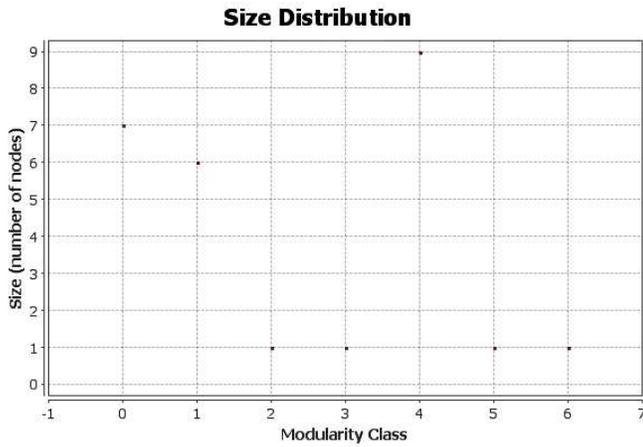


Figura Q.6: distribuição da modularidade da rede de coautoria do Programa P.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura Q.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
6	P26
5	P4
5	P6
5	P10
5	P14
5	P22
5	P25
4	P20
3	P1
3	P5
3	P7
3	P9
3	P13
3	P17
3	P18
3	P19
3	P23
2	P15
1	P11
0	P2
0	P3
0	P8
0	P12
0	P16
0	P21
0	P24

Figura Q.7: rede de coautoria do programa P - classificação em relação a modularidade.

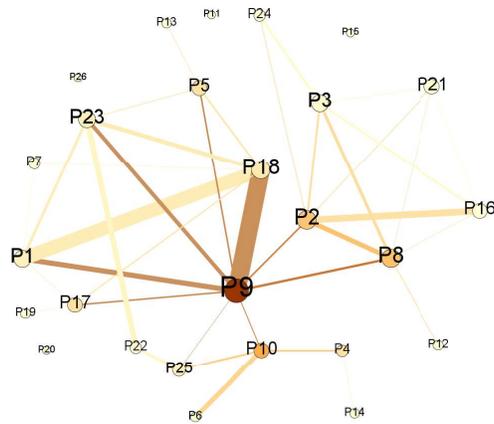


Figura Q.8: rede de coautoria do programa P - centralidade de intermediação com rótulos.

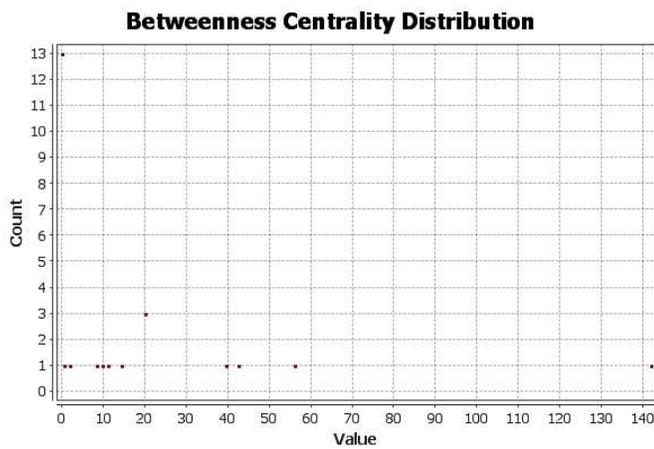


Figura Q.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa P.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura Q.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
141.83333333333334	P9
56.0	P10
42.5	P8
39.5	P2
20.0	P4
20.0	P5
20.0	P17
14.333333333333332	P18
11.166666666666666	P23
9.666666666666668	P1
8.5	P25
2.0	P3
0.5	P22
0.0	P6
0.0	P7
0.0	P11
0.0	P12
0.0	P13
0.0	P14
0.0	P15
0.0	P16
0.0	P19
0.0	P20
0.0	P21
0.0	P24
0.0	P26

Figura Q.10: rede de coautoria do Programa P - classificação em relação a centralidade de intermediação.

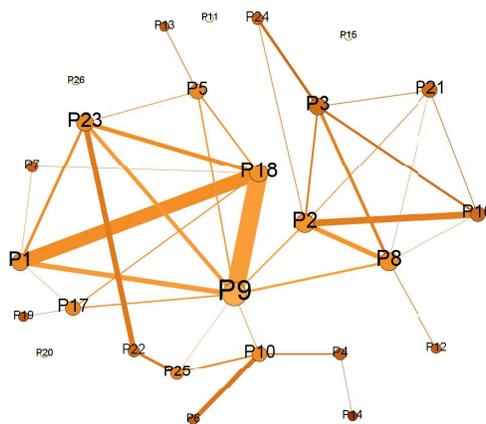


Figura Q.11: rede de coautoria do programa P - centralidade de proximidade com rótulos.

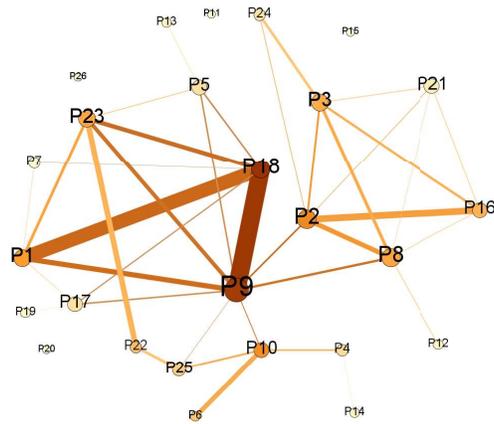


Figura Q.14: rede de coautoria do programa P - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
2.90351	P18
2.74624	P9
1.71242	P2
1.6333	P10
1.47983	P1
1.33654	P8
1.29969	P23
1.25313	P3
1.16095	P16
1.01537	P22
0.891497	P6
0.784583	P25
0.614487	P4
0.565766	P5
0.538006	P17
0.513872	P24
0.370003	P21
0.287502	P13
0.253526	P14
0.240889	P12
0.215272	P19
0.183608	P7
0.15	P11
0.15	P15
0.15	P20
0.15	P26

Figura Q.15: rede de coautoria do programa P - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

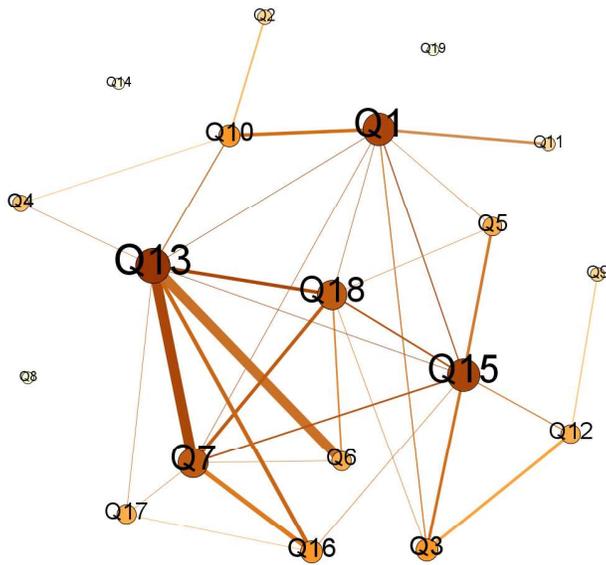


Figura R.2: rede de coautoria do programa Q - *hubs*.

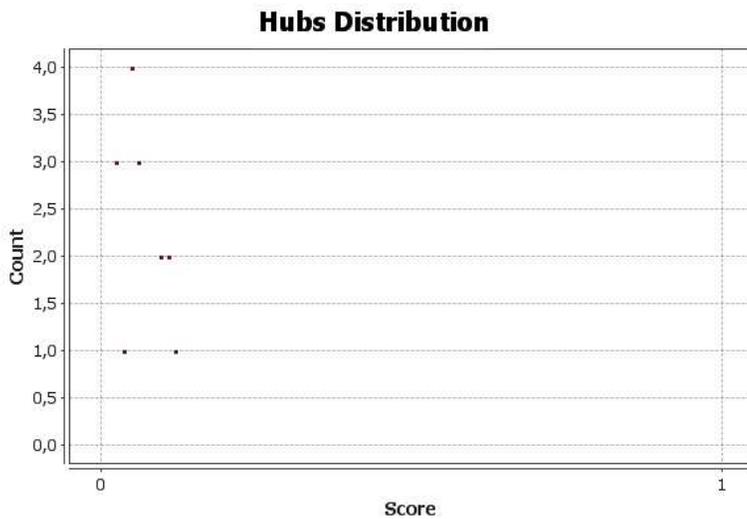


Figura R.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa Q.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.11904762	Q13
0.10714286	Q1
0.10714286	Q15
0.0952381	Q7
0.0952381	18
0.05952381	Q3
0.05952381	Q10
0.05952381	Q16
0.04761905	Q5
0.04761905	Q6
0.04761905	Q12
0.04761905	Q17
0.035714287	Q4
0.023809524	Q2
0.023809524	Q9
0.023809524	Q11
0.0	Q8
0.0	Q14
0.0	19

Figura R.4: rede de coautoria do programa Q - classificação em relação aos *hubs*.

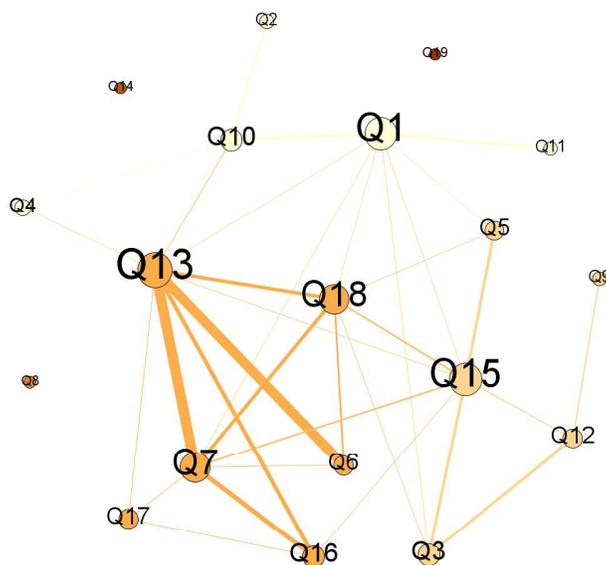


Figura R.5: rede de coautoria do programa Q - modularidade com rótulos.

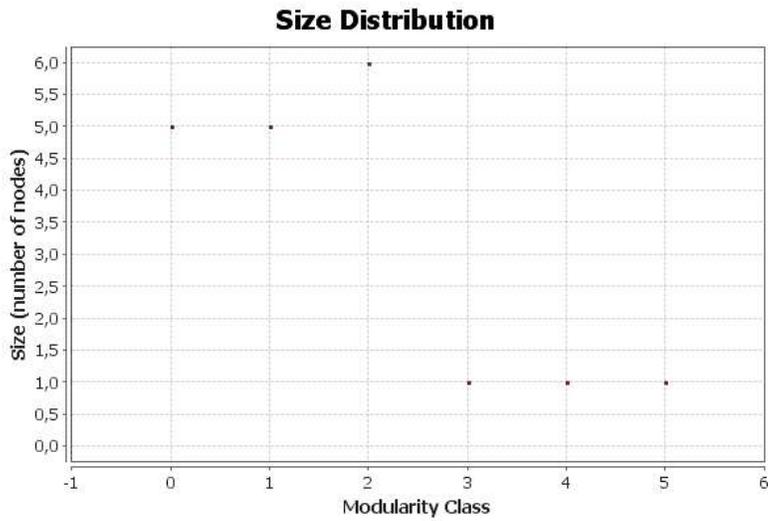


Figura R.6: distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa Q.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura R.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
5	19
4	Q14
3	Q8
2	Q6
2	Q7
2	Q13
2	Q16
2	Q17
2	18
1	Q3
1	Q5
1	Q9
1	Q12
1	Q15
0	Q1
0	Q2
0	Q4
0	Q10
0	Q11

Figura R.7: rede de coautoria do programa Q - classificação em relação a modularidade.

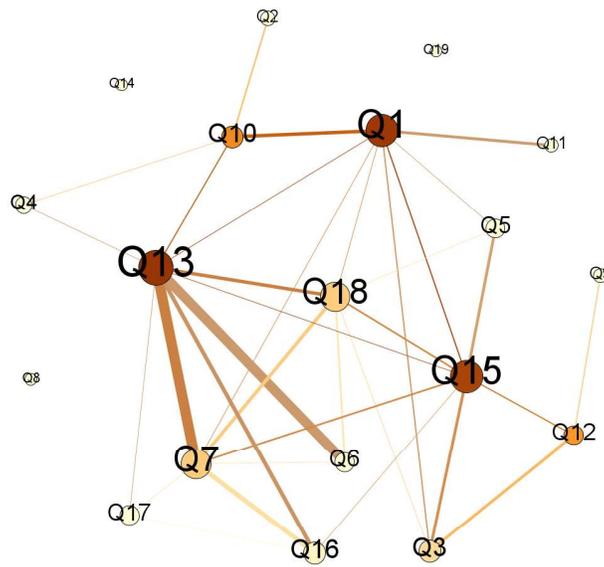


Figura R.8: rede de coautoria do programa Q - centralidade de intermediação com rótulos.

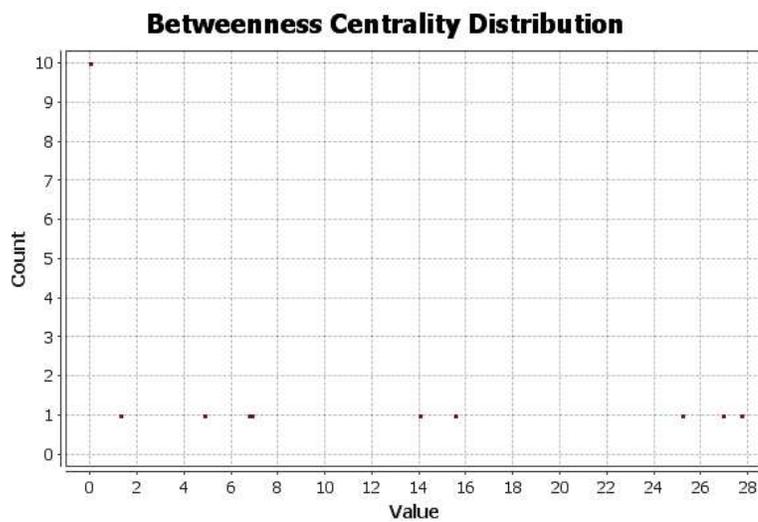


Figura R.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa Q.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura R.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
27.690476190476186	Q13
26.9047619047619	Q1
25.19047619047619	Q15
15.5	Q10
14.0	Q12
6.857142857142857	Q7
6.738095238095238	Q18
4.833333333333333	Q3
1.2857142857142856	Q16
0.0	Q2
0.0	Q4
0.0	Q5
0.0	Q6
0.0	Q8
0.0	Q9
0.0	Q11
0.0	Q14
0.0	Q17
0.0	Q19

Figura R.10: rede de coautoria do programa Q - Classificação em relação a centralidade de intermediação.

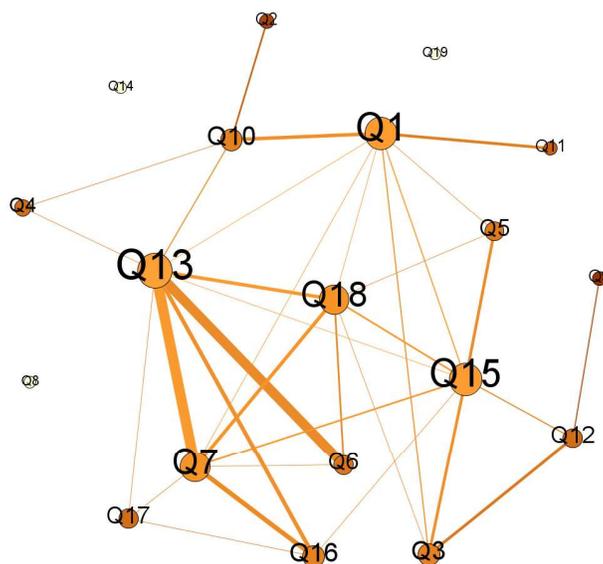


Figura R.11: rede de coautoria do programa Q - centralidade de proximidade com rótulos.

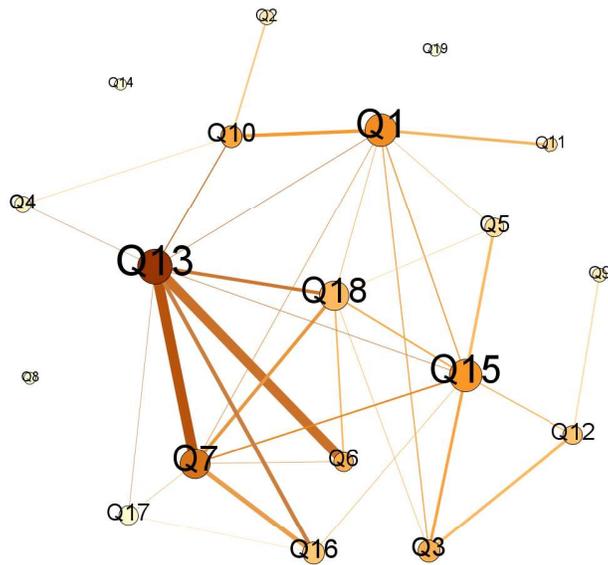


Figura R.14: rede de coautoria do programa Q - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
2.65866	Q13
1.84721	Q7
1.5414	Q1
1.41806	Q15
1.23229	Q10
1.12539	Q6
1.11351	Q3
0.99141	18
0.877296	Q12
0.826122	Q16
0.561082	Q11
0.526358	Q5
0.412161	Q2
0.365699	Q9
0.294002	Q4
0.209351	Q17
0.15	Q8
0.15	Q14
0.15	19

Figura R.15: rede de coautoria do programa Q - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice S

Grafos das Redes de Coautoria do Programa R: Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia - UFF, RJ.

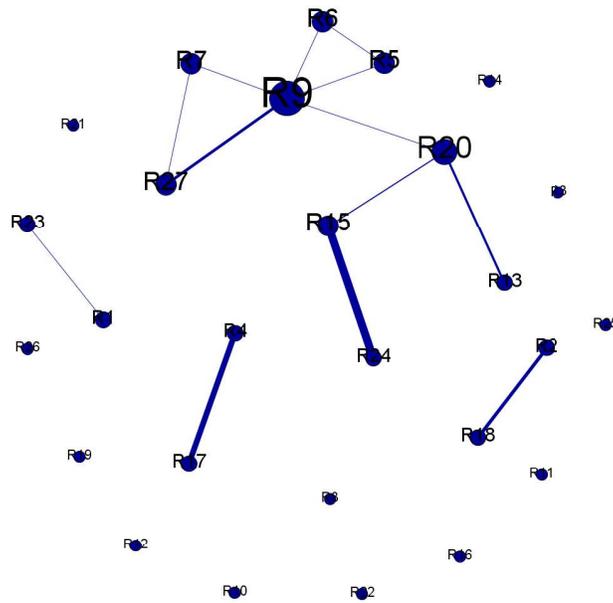


Figura S.1: rede de coautoria do programa R com rótulos.

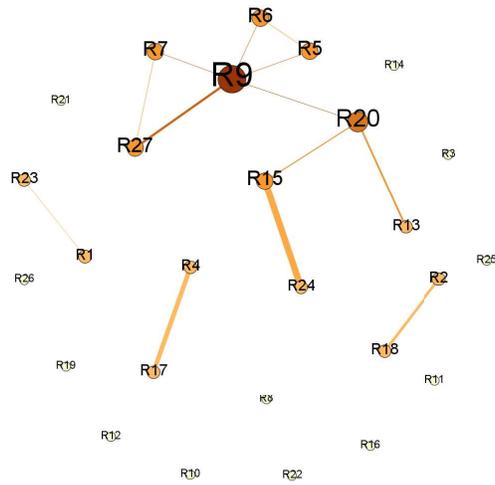


Figura S.2: rede de coautoria do programa R - *hubs*.

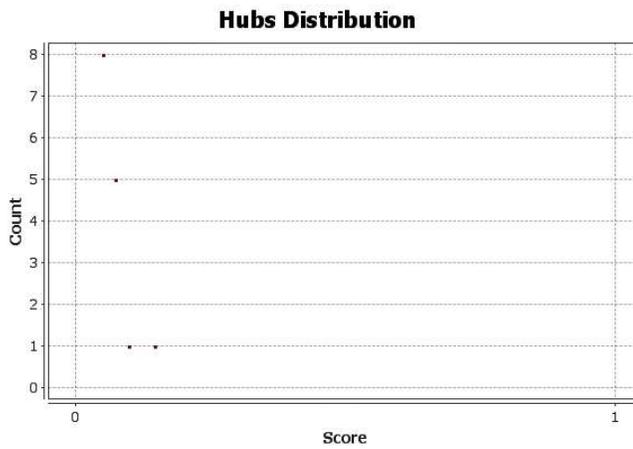


Figura S.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa R.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.14634146	R9
0.09756097	R20
0.07317073	R5
0.07317073	R6
0.07317073	R7
0.07317073	R15
0.07317073	R27
0.048780486	R1
0.048780486	R2
0.048780486	R4
0.048780486	R13
0.048780486	R17
0.048780486	R18
0.048780486	R23
0.048780486	R24
0.0	R3
0.0	R8
0.0	R10
0.0	R11
0.0	R12
0.0	R14
0.0	R16
0.0	R19
0.0	R21
0.0	R22
0.0	R25
0.0	R26

Figura S.4: rede de coautoria do programa R - classificação em relação aos *hubs*.

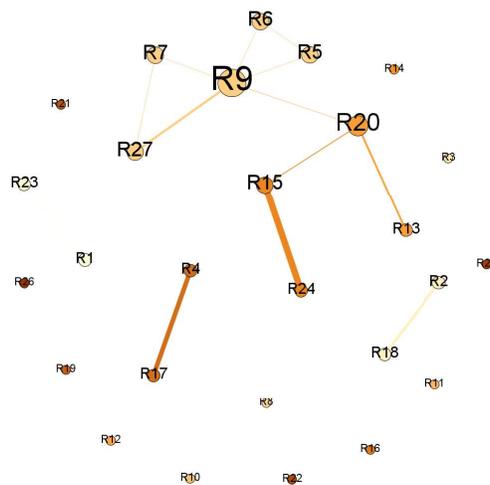


Figura S.5: rede de coautoria do programa R - modularidade com rótulos.

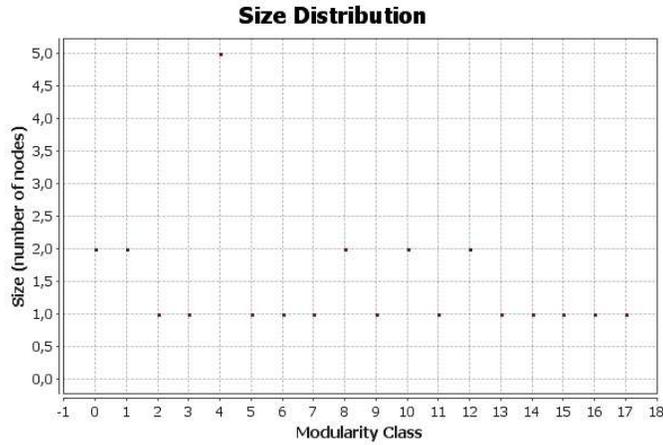


Figura S.6: distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa R.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura S.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
17	R26
16	R25
15	R22
14	R21
13	R19
12	R4
12	R17
11	R16
10	R15
10	R24
9	R14
8	R13
8	R20
7	R12
6	R11
5	R10
4	R5
4	R6
4	R7
4	R9
4	R27
3	R8
2	R3
1	R2
1	R18
0	R1
0	R23

Figura S.7: rede de coautoria do programa R - classificação em relação a modularidade.

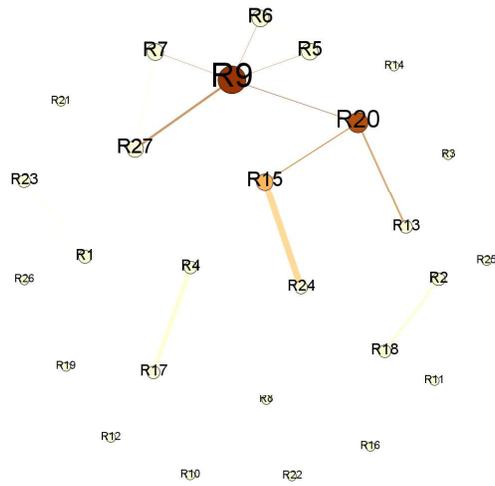


Figura S.8: rede de coautoria do programa R - centralidade de intermediação com rótulos.

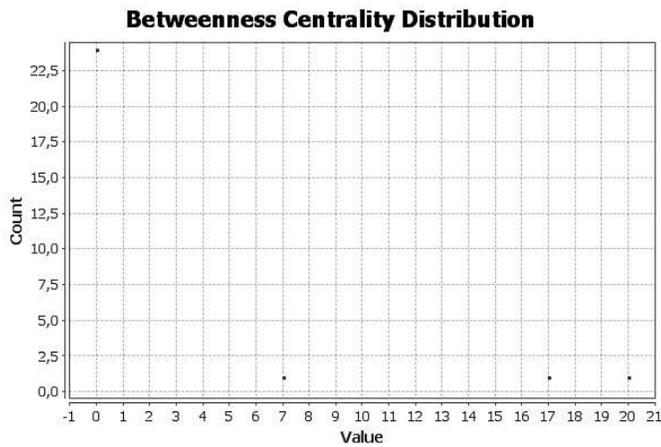


Figura S.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa R.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura S.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
20.0	R9
17.0	R20
7.0	R15
0.0	R1
0.0	R2
0.0	R3
0.0	R4
0.0	R5
0.0	R6
0.0	R7
0.0	R8
0.0	R10
0.0	R11
0.0	R12
0.0	R13
0.0	R14
0.0	R16
0.0	R17
0.0	R18
0.0	R19
0.0	R21
0.0	R22
0.0	R23
0.0	R24
0.0	R25
0.0	R26
0.0	R27

Figura S.10: rede de coautoria do programa R - classificação em relação a centralidade de intermediação.

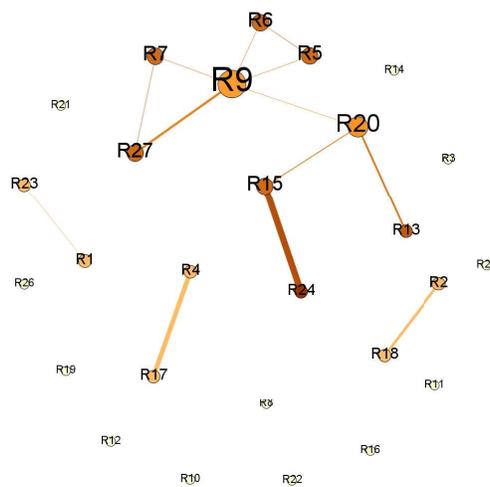


Figura S.11: rede de coautoria do programa R - centralidade de proximidade com rótulos.

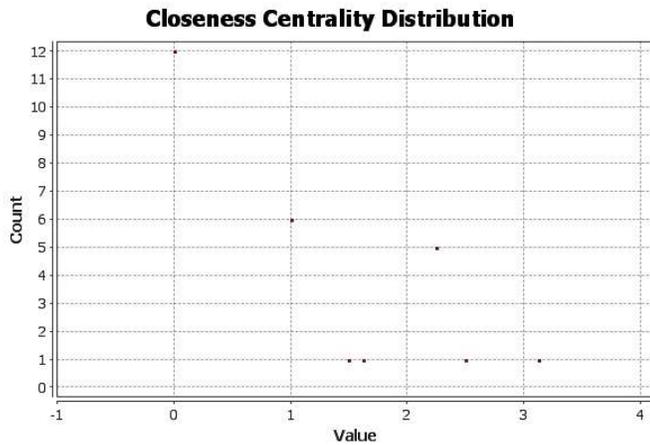


Figura S.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa R.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura S.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
3.125	R24
2.5	R13
2.25	R5
2.25	R6
2.25	R7
2.25	R15
2.25	R27
1.625	R20
1.5	R9
1.0	R1
1.0	R2
1.0	R4
1.0	R17
1.0	R18
1.0	R23
0.0	R3
0.0	R8
0.0	R10
0.0	R11
0.0	R12
0.0	R14
0.0	R16
0.0	R19
0.0	R21
0.0	R22
0.0	R25
0.0	R26

Figura S.13: rede de coautoria do programa R - classificação em relação a centralidade de proximidade.

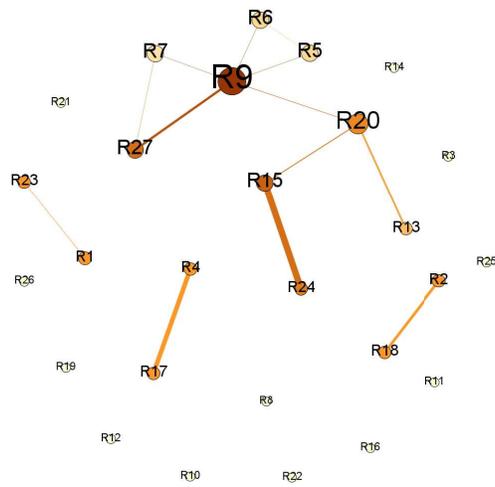


Figura S.14: rede de coautoria do programa R - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
1.85764	R9
1.44599	R15
1.34273	R27
1.23482	R24
1.12882	R20
1.0	R1
1.0	R2
1.0	R4
1.0	R17
1.0	R18
1.0	R23
0.691292	R13
0.460417	R5
0.460417	R6
0.377882	R7
0.15	R3
0.15	R8
0.15	R10
0.15	R11
0.15	R12
0.15	R14
0.15	R16
0.15	R19
0.15	R21
0.15	R22
0.15	R25
0.15	R26

Figura S.15: rede de coautoria do programa R - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice T

Grafos das Redes de Coautoria do Programa S: Modelagem de Sistemas Complexos - USP, SP.

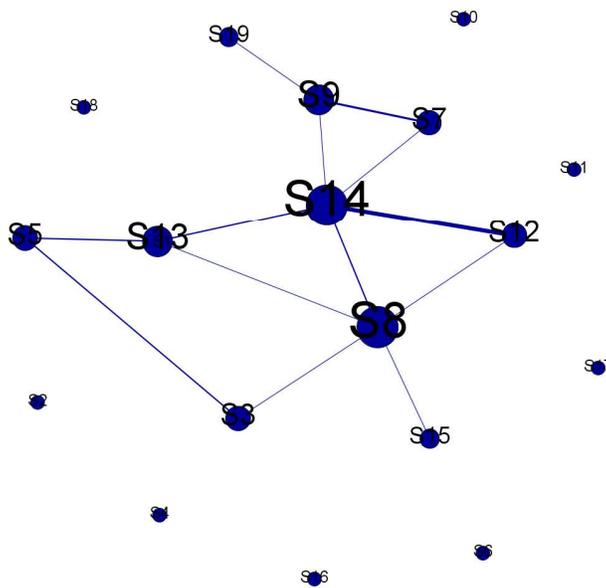


Figura T.1: rede de coautoria do programa S com rótulos.

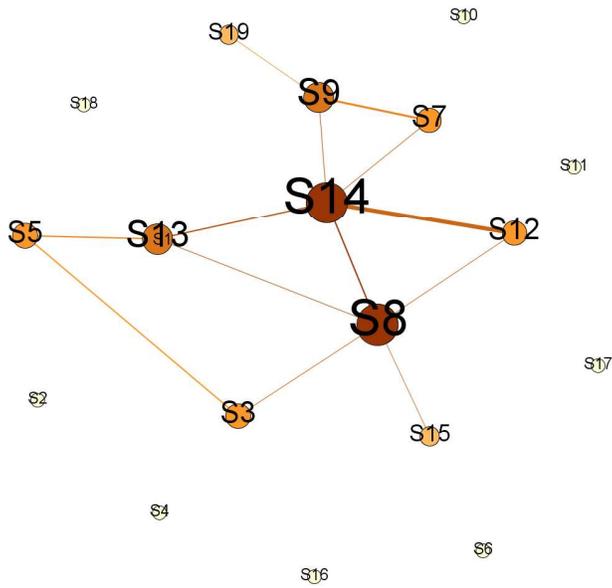


Figura T.2: rede de coautoria do programa S - hubs.

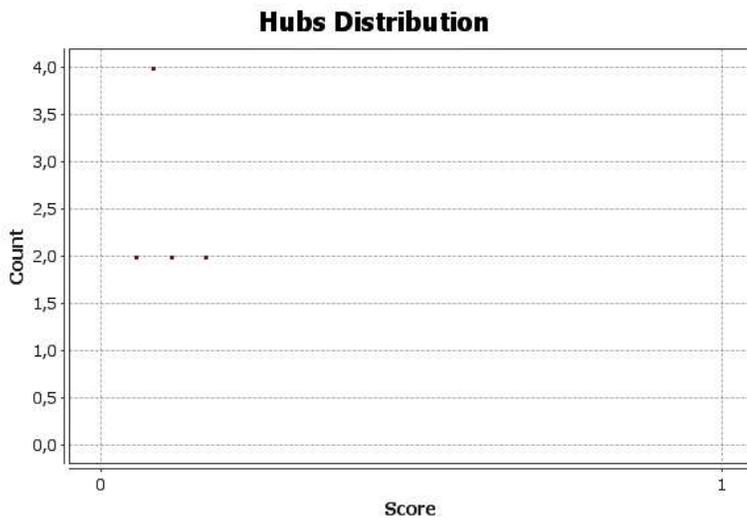


Figura T.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do Programa S.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.16666667	S8
0.16666667	S14
0.11111111	S9
0.11111111	S13
0.08333336	S3
0.08333336	S5
0.08333336	S7
0.08333336	S12
0.05555556	S15
0.05555556	S19
0.0	S1
0.0	S2
0.0	S4
0.0	S6
0.0	S10
0.0	S11
0.0	S16
0.0	S17
0.0	S18

Figura T.4: rede de coautoria do programa S - classificação em relação aos *hubs*.

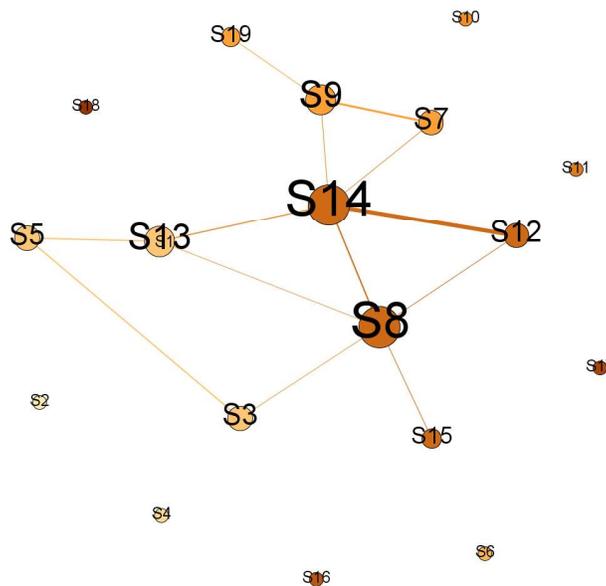


Figura T.5: rede de coautoria do programa S - modularidade com rótulos.

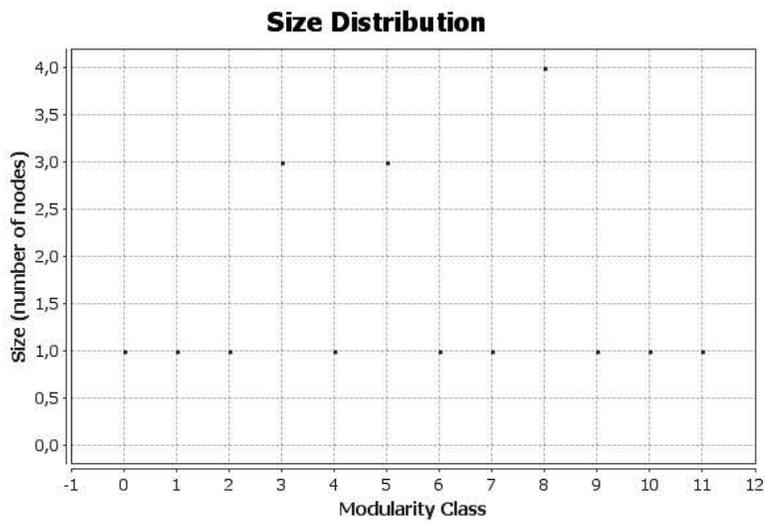


Figura T.6: distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa S.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura T.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
11	S18
10	S17
9	S16
8	S8
8	S12
8	S14
8	S15
7	S11
6	S10
5	S7
5	S9
5	S19
4	S6
3	S3
3	S5
3	S13
2	S4
1	S2
0	S1

Figura T.7: rede de coautoria do programa S - classificação em relação a modularidade.

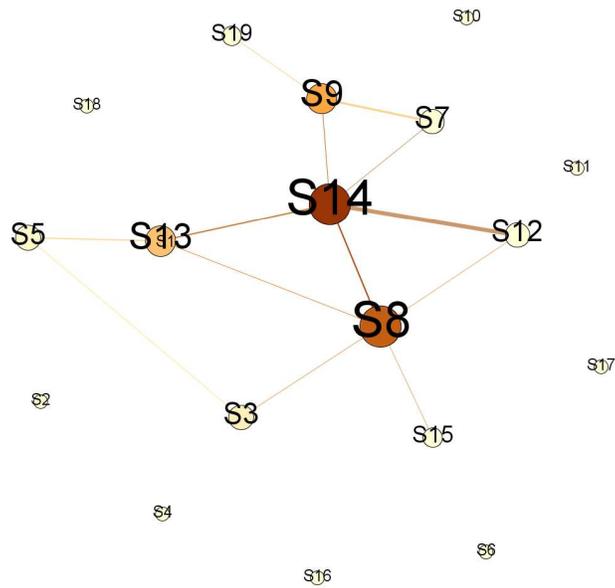


Figura T.8: rede de coautoria do programa S - centralidade de intermediação com rótulos.

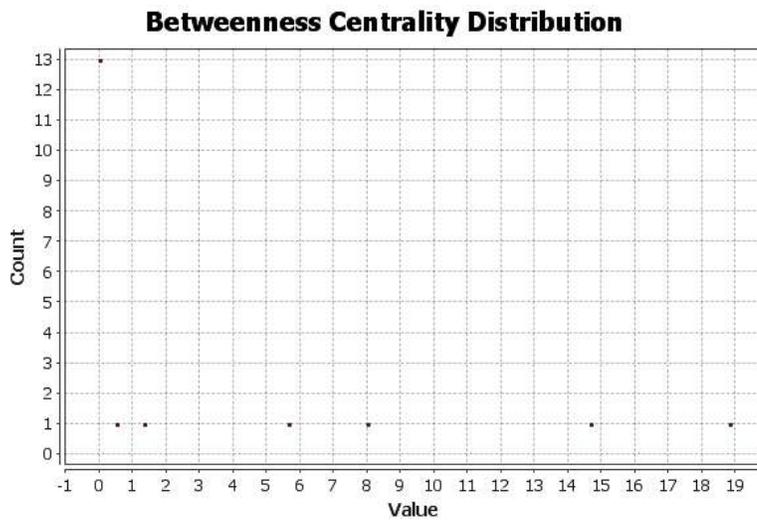


Figura T.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do programa S.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura T.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
18.833333333333336	S14
14.666666666666666	S8
8.0	S9
5.666666666666667	S13
1.3333333333333333	S3
0.5	S5
0.0	S1
0.0	S2
0.0	S4
0.0	S6
0.0	S7
0.0	S10
0.0	S11
0.0	S12
0.0	S15
0.0	S16
0.0	S17
0.0	S18
0.0	S19

Figura T.10: rede de coautoria do programa S - classificação em relação a centralidade de intermediação.

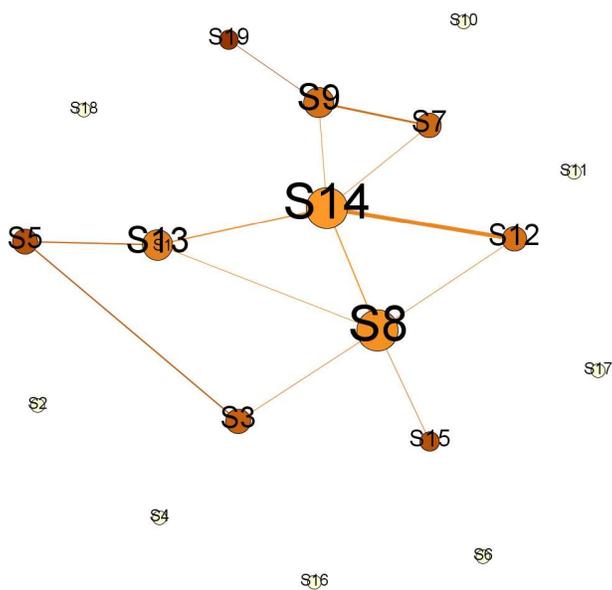


Figura T.11: rede de coautoria do programa S - centralidade de proximidade com rótulos.

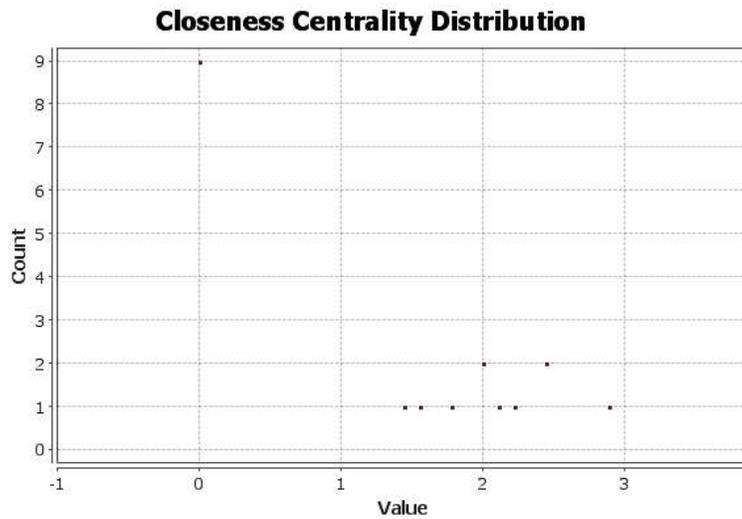


Figura T.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa S.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura T.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
2.88888888888889	S19
2.444444444444446	S5
2.444444444444446	S15
2.222222222222223	S3
2.111111111111111	S7
2.0	S9
2.0	S12
1.777777777777777	S13
1.555555555555556	S8
1.444444444444444	S14
0.0	S1
0.0	S2
0.0	S4
0.0	S6
0.0	S10
0.0	S11
0.0	S16
0.0	S17
0.0	S18

Figura T.13: rede de coautoria do programa S - classificação em relação a centralidade de proximidade.

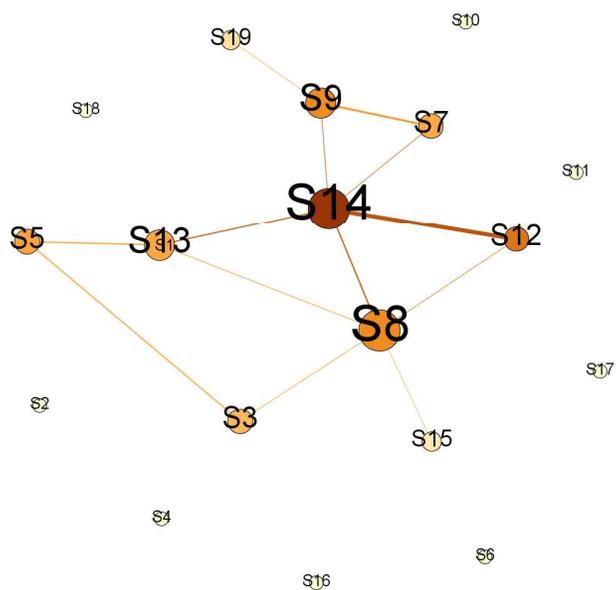


Figura T.14: rede de coautoria do programa S - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
1.97443	S14
1.36871	S12
1.17374	S9
1.17254	S8
0.959073	S5
0.923936	S13
0.892656	S7
0.770331	S3
0.413153	S19
0.351429	S15
0.15	S1
0.15	S2
0.15	S4
0.15	S6
0.15	S10
0.15	S11
0.15	S16
0.15	S17
0.15	S18

Figura T.15: rede de coautoria do programa S - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice U

Grafos das Redes de Coautoria do Programa T: Modelagem em Ciências das Terra e do Ambiente - UEFS, BA.

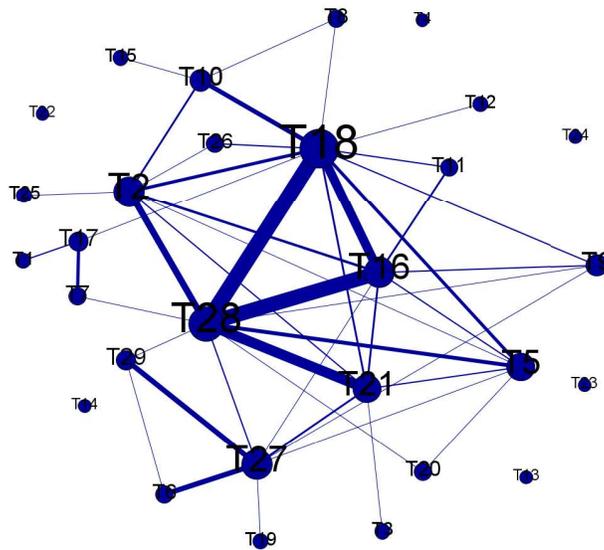


Figura U.1: rede de coautoria do programa T com rótulos.

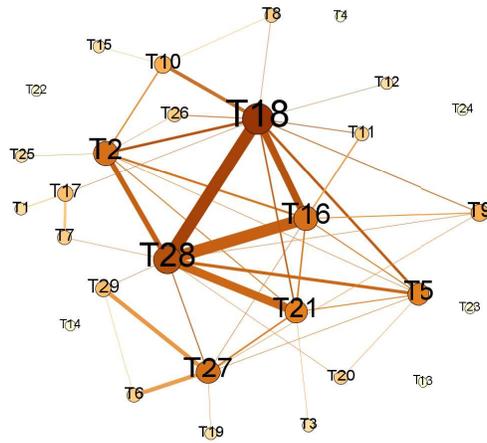


Figura U.2: rede de coautoria do programa T - *hubs*.

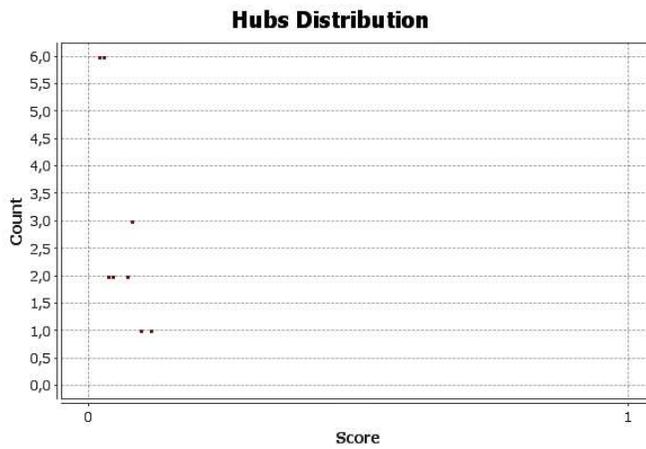


Figura U.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa T.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui

Classificar	Rótulo
0,11304348	T18
0,09565217	T28
0,07826087	T2
0,07826087	T16
0,07826087	T27
0,069565214	T5
0,069565214	T21
0,04347826	T9
0,04347826	T10
0,034782607	T17
0,034782607	T29
0,026086956	T6
0,026086956	T7
0,026086956	T8
0,026086956	T11
0,026086956	T20
0,026086956	T26
0,017391304	T1
0,017391304	T3
0,017391304	T12
0,017391304	T15
0,017391304	T19
0,017391304	T25
0,0	T4
0,0	T13
0,0	T14
0,0	T22
0,0	T23
0,0	T24

Figura U.4: rede de coautoria do programa T - classificação em relação aos *hubs*.

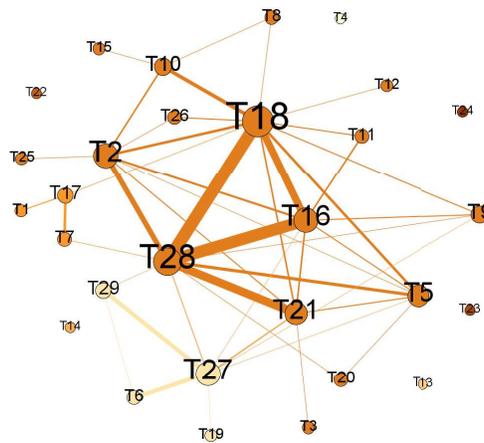


Figura U.5: rede de coautoria do programa T - modularidade com rótulos.

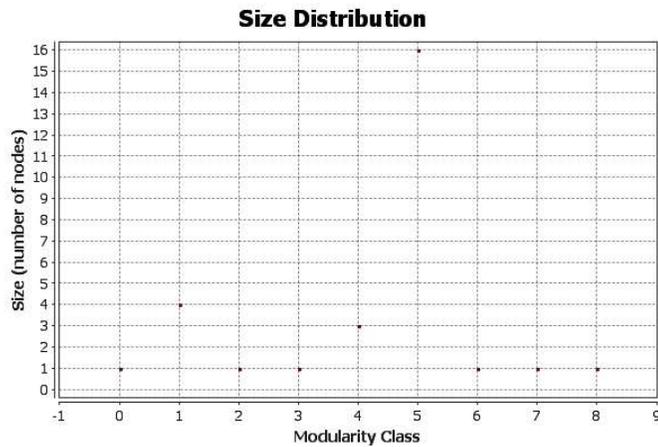


Figura U.6: distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa T.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura U.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
	8 T24
	7 T23
	6 T22
	5 T2
	5 T3
	5 T5
	5 T8
	5 T9
	5 T10
	5 T11
	5 T12
	5 T15
	5 T16
	5 T18
	5 T20
	5 T21
	5 T25
	5 T26
	5 T28
	4 T1
	4 T7
	4 T17
	3 T14
	2 T13
	1 T6
	1 T19
	1 T27
	1 T29
	0 T4

Figura U.7: rede de coautoria do programa T - classificação em relação a modularidade.

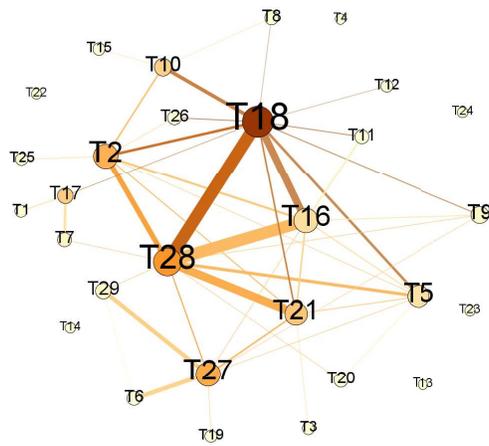


Figura U.8: rede de coautoria do programa T - centralidade de intermediação com rótulos.

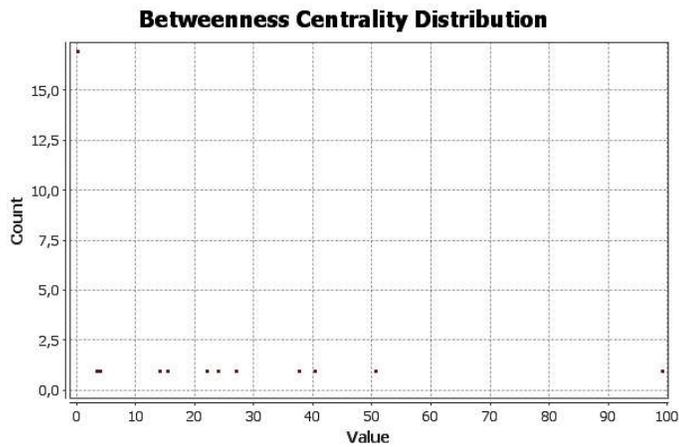


Figura U.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa T.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura U.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
99.05303030303033	T18
50.507575757575765	T28
40.304545454545455	T27
37.53030303030303	T2
26.89545454545455	T21
23.833333333333336	T17
22.0	T10
15.31212121212121	T16
13.89545454545455	T5
3.833333333333333	T7
3.556060606060606	T9
3.278787878787879	T29
0.0	T1
0.0	T3
0.0	T4
0.0	T6
0.0	T8
0.0	T11
0.0	T12
0.0	T13
0.0	T14
0.0	T15
0.0	T19
0.0	T20
0.0	T22
0.0	T23
0.0	T24
0.0	T25
0.0	T26

Figura U.10: rede de coautoria do programa T - classificação em relação a centralidade de intermediação.

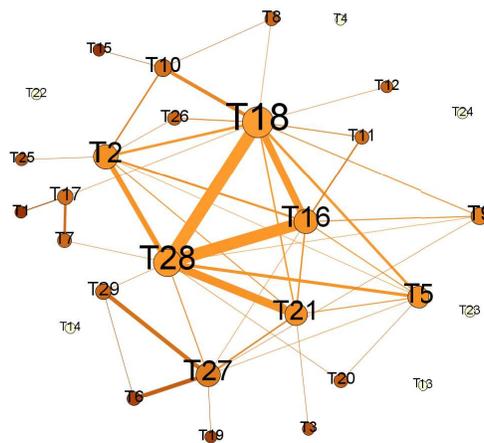


Figura U.11: rede de coautoria do programa T - centralidade de proximidade com rótulos.

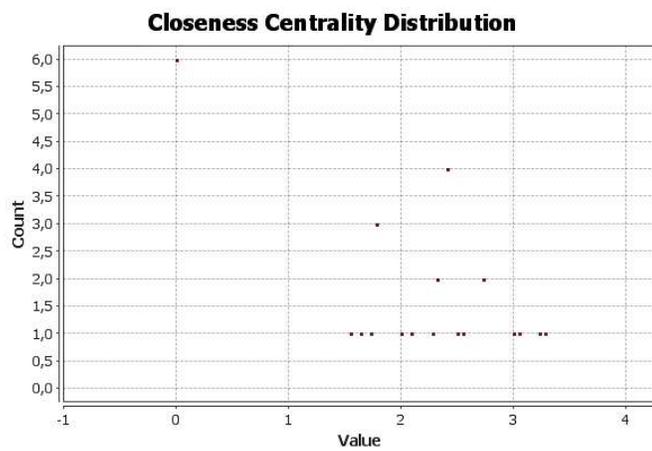


Figura U.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa T.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura U.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
3.272727272727273	T1
3.227272727272727	T15
3.045454545454545	T19
3.0	T6
2.727272727272727	T3
2.727272727272727	T25
2.545454545454545	T20
2.5	T12
2.409090909090909	T7
2.409090909090909	T8
2.409090909090909	T26
2.409090909090909	T29
2.318181818181818	T11
2.318181818181818	T17
2.272727272727273	T10
2.090909090909091	T27
2.0	T9
1.772727272727273	T2
1.772727272727273	T5
1.772727272727273	T21
1.727272727272727	T16
1.636363636363636	T28
1.545454545454545	T18
0.0	T4
0.0	T13
0.0	T14
0.0	T22
0.0	T23
0.0	T24

Figura U.13: rede de coautoria do programa T - classificação em relação a centralidade de proximidade.

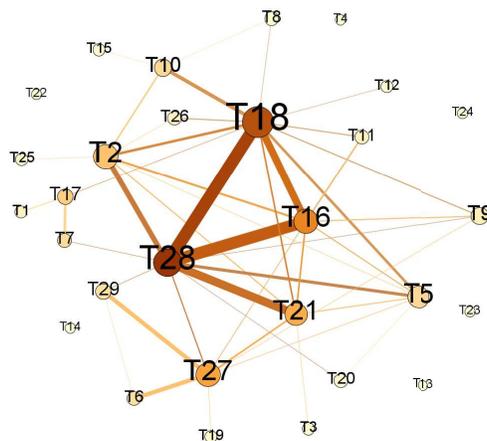


Figura U.14: rede de coautoria do programa T - rank de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
4.05545	T28
3.43353	T18
2.43657	T16
1.87538	T27
1.70483	T21
1.29723	T2
1.08722	T17
0.878618	T5
0.864199	T10
0.817665	T7
0.720719	T6
0.713382	T29
0.453494	T9
0.394725	T1
0.382311	T11
0.342443	T26
0.241924	T15
0.226876	T8
0.22117	T19
0.218787	T25
0.211828	T12
0.211776	T20
0.209876	T3
0.15	T4
0.15	T13
0.15	T14
0.15	T22
0.15	T23
0.15	T24

Figura U.15: rede de coautoria do programa T - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice V

Grafos das Redes de Coautoria do Programa U: Modelagem Matemática - UNIJUÍ, RS.

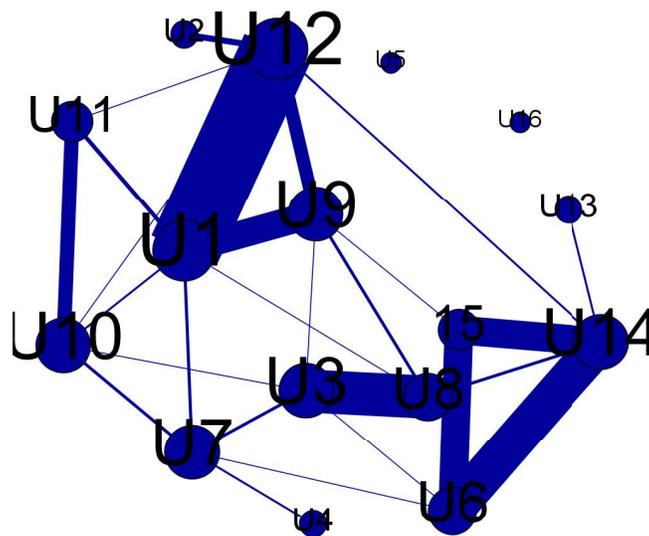


Figura V.1: rede de coautoria do programa U com rótulos.

Classificar	Rótulo
0.10294118	U1
0.10294118	U12
0.0882353	U3
0.0882353	U7
0.0882353	U9
0.0882353	U10
0.0882353	U14
0.073529415	U6
0.073529415	U8
0.05882353	U11
0.05882353	15
0.029411765	U2
0.029411765	U4
0.029411765	U13
0.0	U5
0.0	U16

Figura V.4: rede de coautoria do programa U - classificação em relação aos *hubs*.

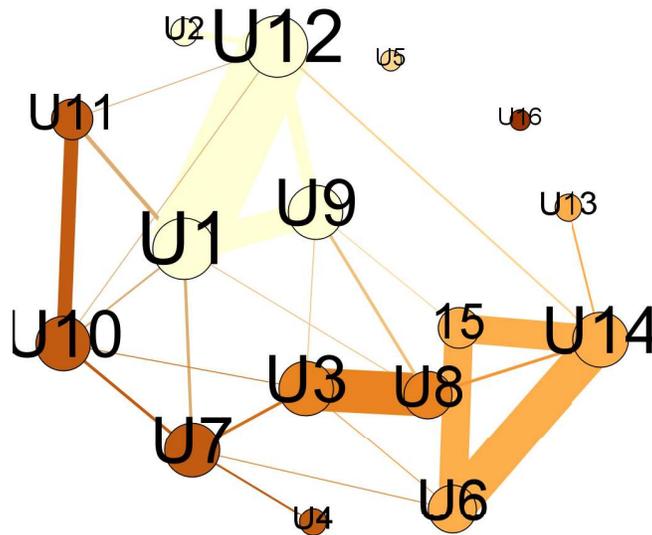


Figura V.5: rede de coautoria do programa U - modularidade com rótulos.

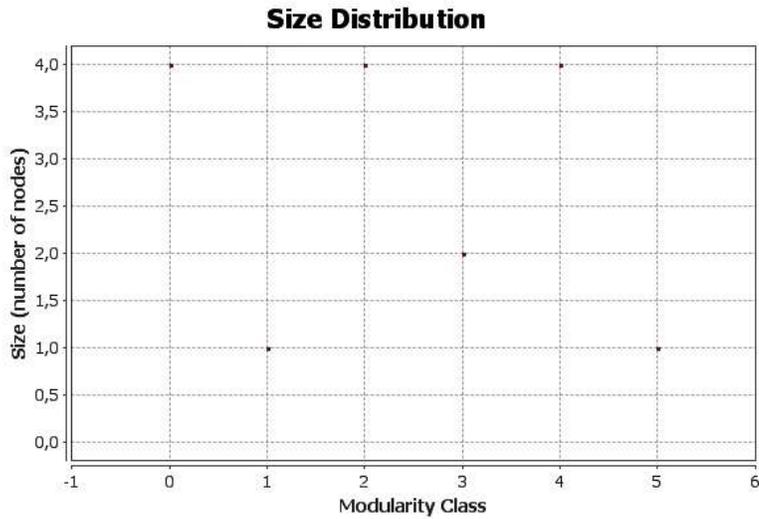


Figura V.6: distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa U.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura V.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
5	U16
4	U4
4	U7
4	U10
4	U11
3	U3
3	U8
2	U6
2	U13
2	U14
2	U15
1	U5
0	U1
0	U2
0	U9
0	U12

Figura V.7: rede de coautoria do programa U - classificação em relação a modularidade.

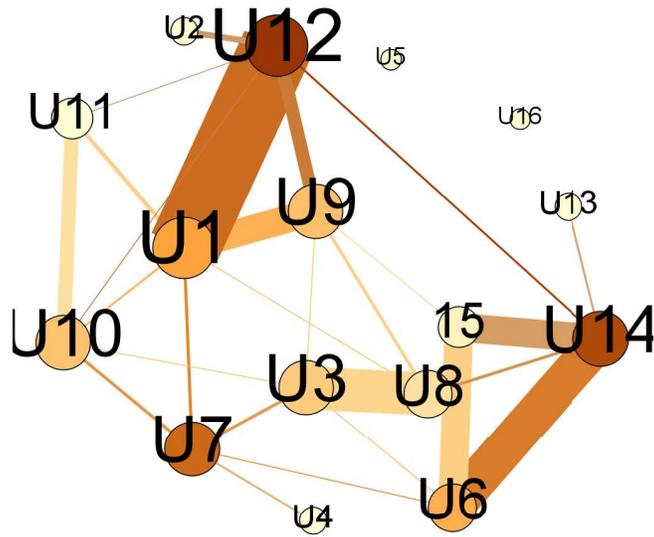


Figura V.8: rede de coautoria do programa U - centralidade de intermediação com rótulos.

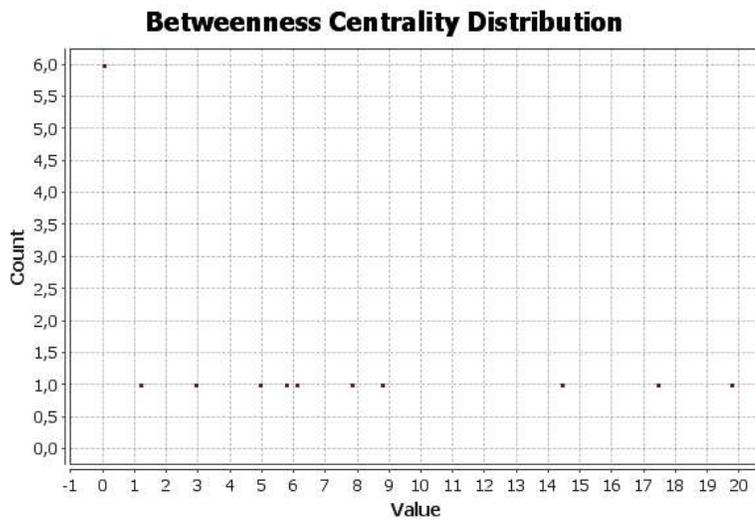


Figura V.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa U.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura V.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
19.750000000000004	U12
17.416666666666664	U14
14.416666666666668	U7
8.75	U1
7.833333333333333	U6
6.083333333333334	U9
5.75	U10
4.916666666666667	U3
2.916666666666665	U8
1.166666666666665	15
0.0	U2
0.0	U4
0.0	U5
0.0	U11
0.0	U13
0.0	U16

Figura V.10: rede de coautoria do programa U - classificação em relação a centralidade de intermediação.

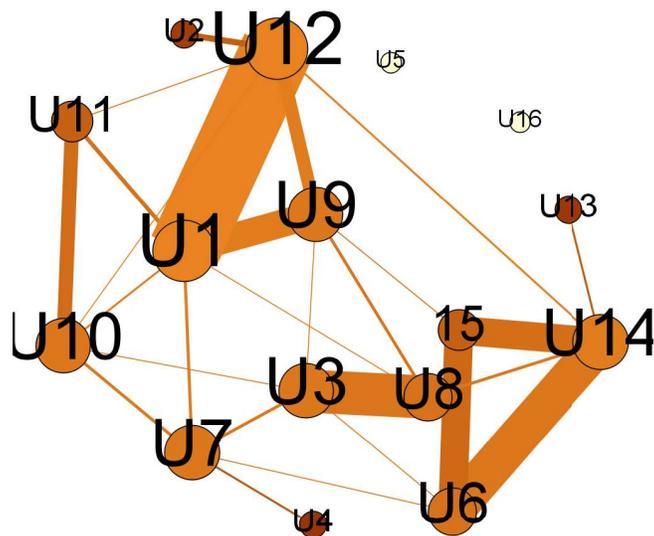


Figura V.11: rede de coautoria do programa U - centralidade de proximidade com rótulos.

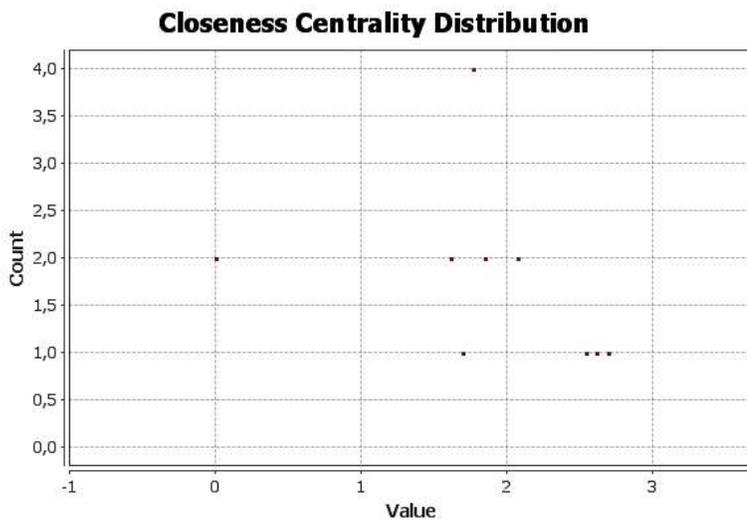


Figura V.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do programa U.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura V.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
2.6923076923076925	U4
2.6153846153846154	U13
2.5384615384615383	U2
2.076923076923077	U11
2.076923076923077	15
1.8461538461538463	U6
1.8461538461538463	U8
1.7692307692307692	U3
1.7692307692307692	U7
1.7692307692307692	U9
1.7692307692307692	U10
1.6923076923076923	U14
1.6153846153846154	U1
1.6153846153846154	U12
0.0	U5
0.0	U16

Figura V.13: rede de coautoria do programa U - classificação em relação a centralidade de proximidade.

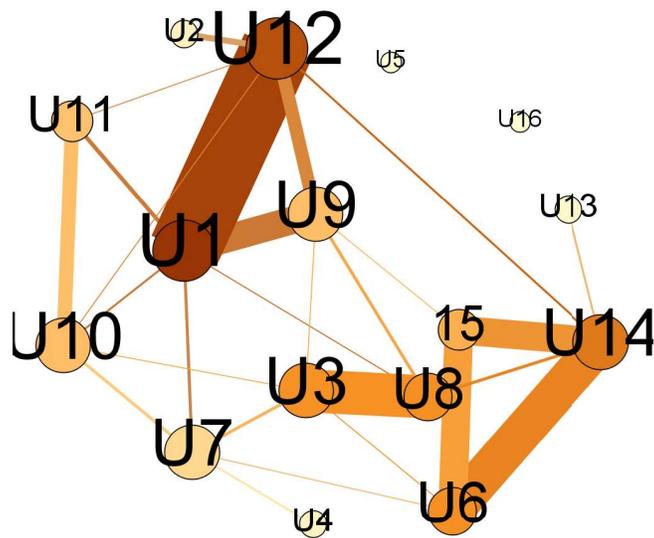


Figura V.14: rede de coautoria do programa U - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
2.21088	U1
1.90535	U12
1.48897	U14
1.26703	U6
1.26095	U8
1.24571	U3
0.952655	15
0.811196	U10
0.8035	U9
0.766992	U11
0.553104	U7
0.275714	U2
0.255082	U4
0.202859	U13
0.15	U5
0.15	U16

Figura V.15: rede de coautoria do programa U - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice W

Grafos das Redes de Coautoria do Programa V: Modelagem Matemática e Computacional - CEFET, MG.

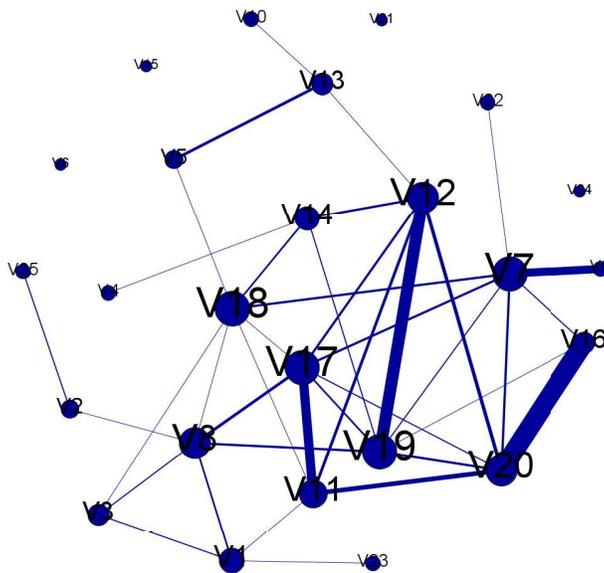


Figura W.1: rede de coautoria do programa V com rótulos.

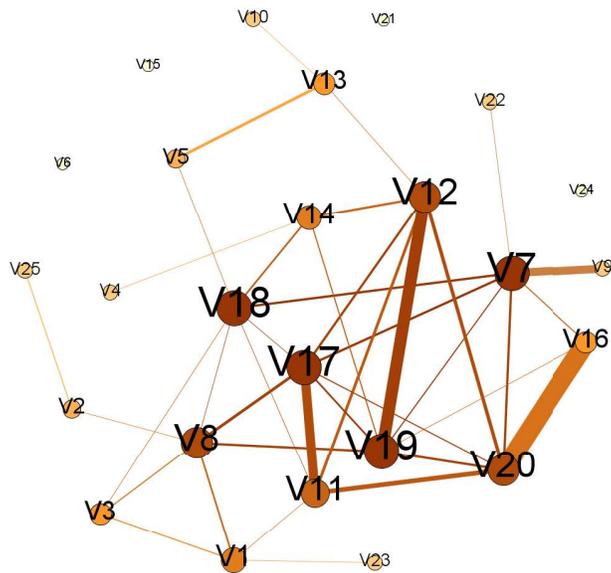


Figura W.2: rede de coautoria do programa V - *hubs*.

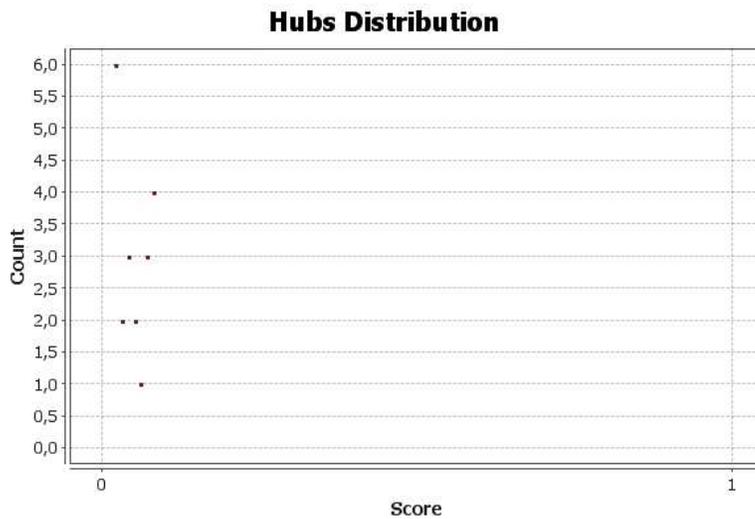


Figura W.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa V.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

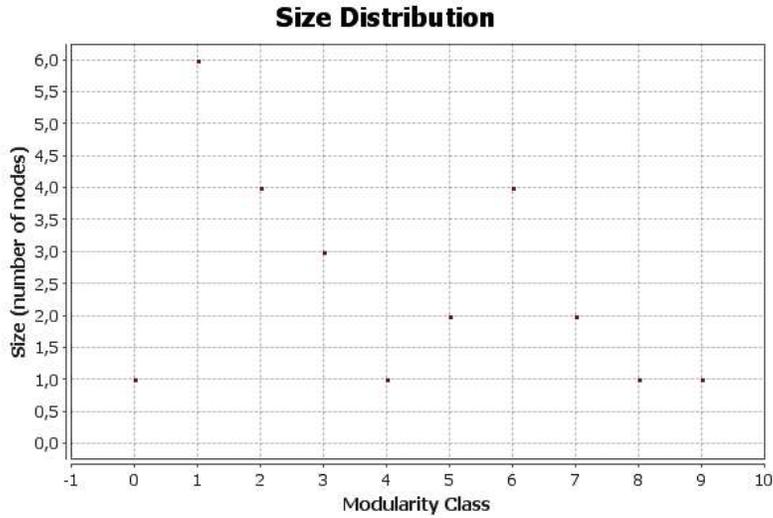


Figura W.6: distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa V.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura W.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
	9 V24
	8 V21
	7 V16
	7 V20
	6 V4
	6 V12
	6 V14
	6 V19
	5 V11
	5 V17
	4 V15
	3 V5
	3 V10
	3 V13
	2 V7
	2 V9
	2 V18
	2 V22
	1 V1
	1 V2
	1 V3
	1 V8
	1 V23
	1 V25
	0 V6

Figura W.7: rede de coautoria do programa V - classificação em relação a modularidade.

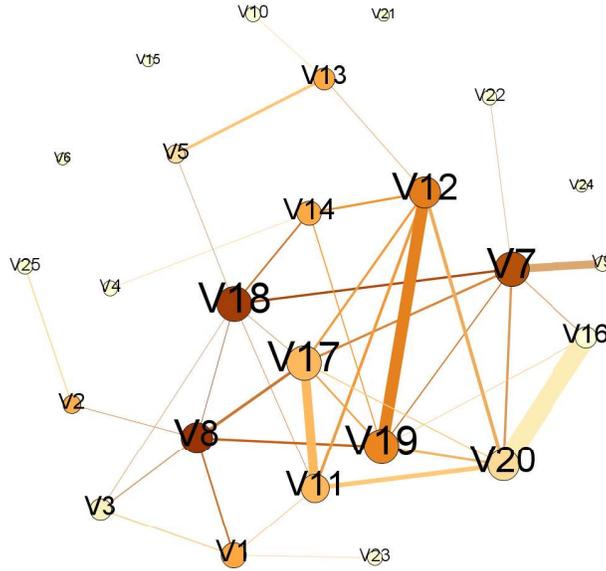


Figura W.8: rede de coautoria do programa V - centralidade de intermediação com rótulos.

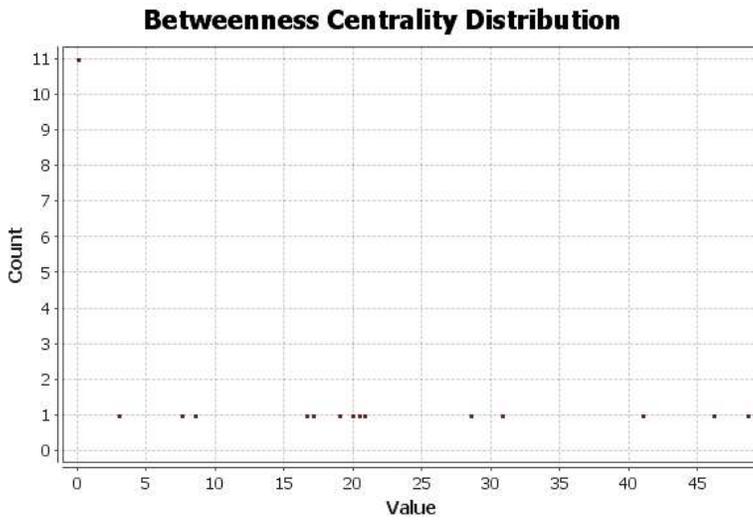


Figura W.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa V.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura W.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
3.8	V25
3.65	V10
3.45	V23
3.2	V4
3.1	V9
3.1	V22
2.85	V2
2.7	V13
2.5	V1
2.5	V5
2.45	V16
2.35	V3
2.25	V14
2.15	V7
2.1	V11
2.1	V20
2.05	V12
2.0	V8
1.85	V17
1.85	V19
1.8	V18
0.0	V6
0.0	V15
0.0	V21
0.0	V24

Figura W.10: rede de coautoria do Programa V - Classificação em relação a centralidade de intermediação.

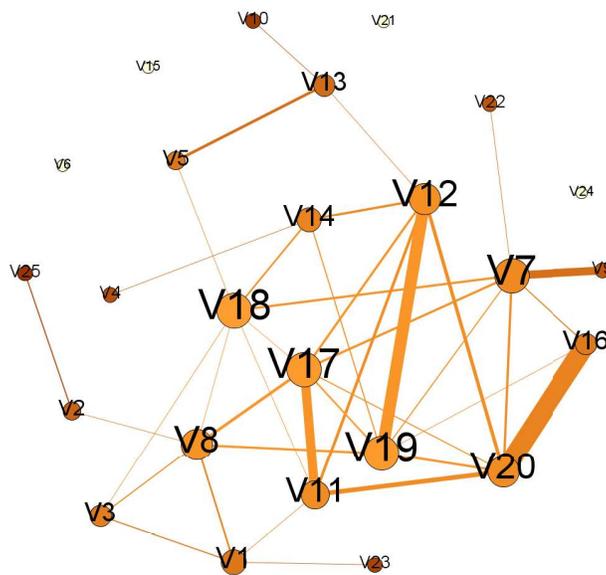


Figura W.11: rede de coautoria do programa V - centralidade de proximidade com rótulos.

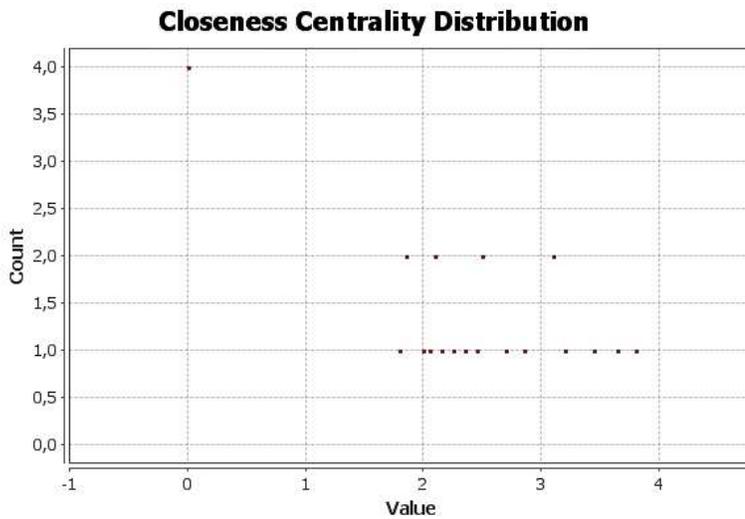


Figura W.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa V.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura W.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
3.8	V25
3.65	V10
3.45	V23
3.2	V4
3.1	V9
3.1	V22
2.85	V2
2.7	V13
2.5	V1
2.5	V5
2.45	V16
2.35	V3
2.25	V14
2.15	V7
2.1	V11
2.1	V20
2.05	V12
2.0	V8
1.85	V17
1.85	V19
1.8	V18
0.0	V6
0.0	V15
0.0	V21
0.0	V24

Figura W.13: rede de coautoria do programa V - classificação em relação a centralidade de proximidade.

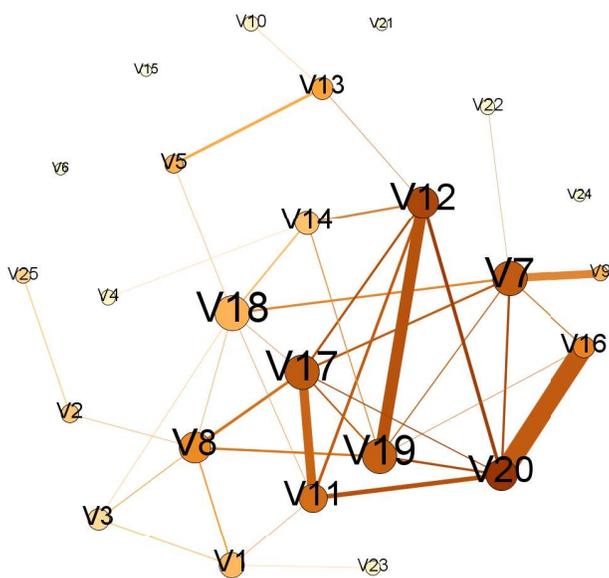


Figura W.14: rede de coautoria do programa V - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
2,10109	V20
1,90068	V12
1,72659	V17
1,70579	V7
1,65909	V19
1,51281	V11
1,31195	V16
1,23931	V8
1,0189	V13
0,874109	V18
0,87167	V5
0,858336	V9
0,824051	V1
0,720202	V14
0,681119	V2
0,544943	V25
0,490623	V3
0,280753	V10
0,250725	V23
0,22666	V4
0,200595	V22
0,15	V6
0,15	V15
0,15	V21
0,15	V24

Figura W.15: rede de coautoria do programa V - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice X

Grafos das Redes de Coautoria do Programa W: Modelagem Matemática e Computacional - UFPB, PB.

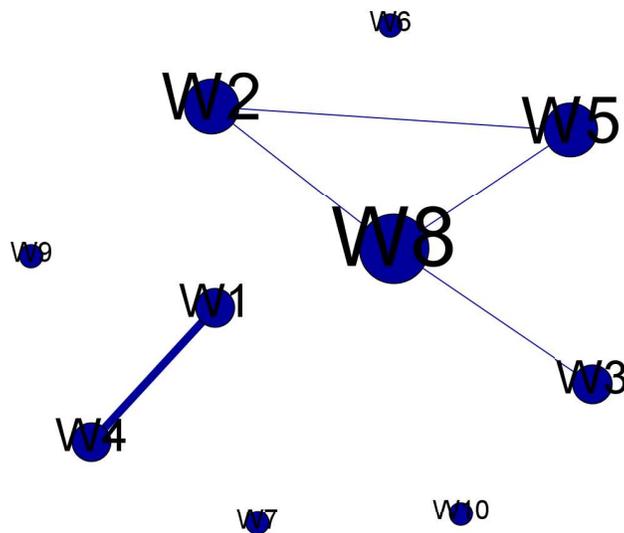


Figura X.1: rede de coautoria do programa W com rótulos.

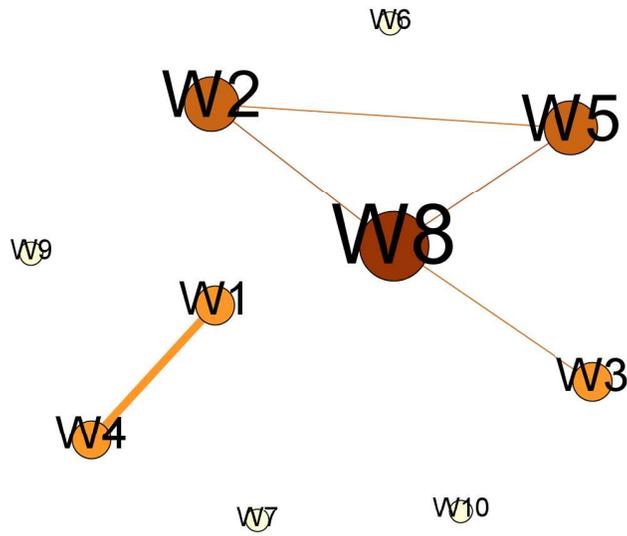


Figura X.2: rede de coautoria do programa W - *hubs*.

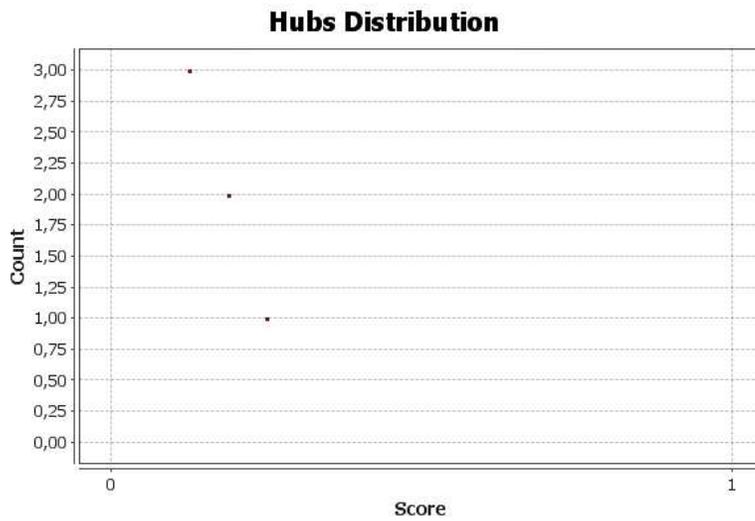


Figura X.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa W.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.25	W8
0.1875	W2
0.1875	W5
0.125	W1
0.125	W3
0.125	W4
0.0	W6
0.0	W7
0.0	W9
0.0	W10

Figura X.4: rede de coautoria do programa W - classificação em relação aos *hubs*.

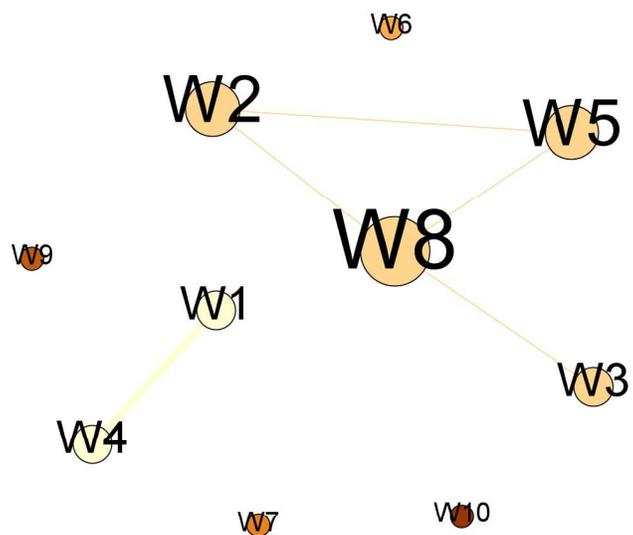


Figura X.5: rede de coautoria do programa W - modularidade com rótulos.

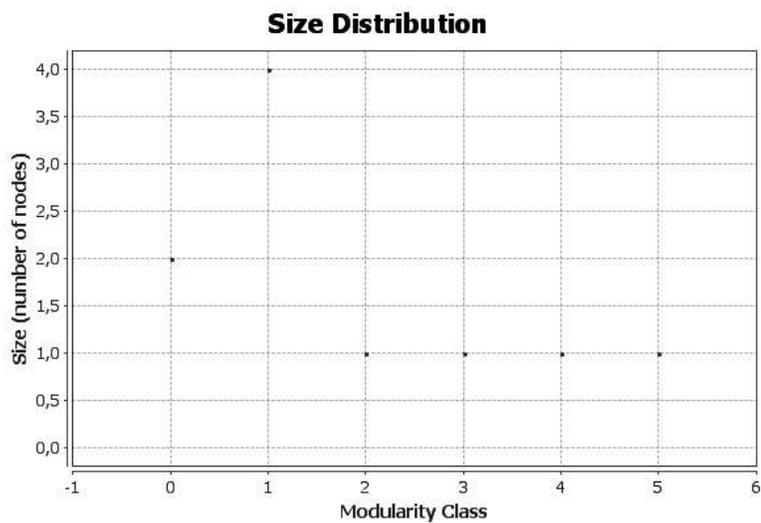


Figura X.6: distribuição da modularidade da rede de coautoria do programa W.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possuem. Na Figura X.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
5	W10
4	W9
3	W7
2	W6
1	W2
1	W3
1	W5
1	W8
0	W1
0	W4

Figura X.7: rede de coautoria do programa W - classificação em relação a modularidade.

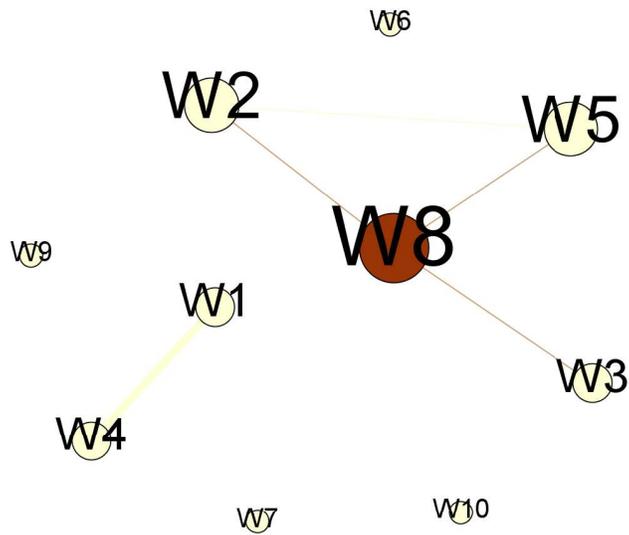


Figura X.8: rede de coautoria do programa W - centralidade de intermediação com rótulos.

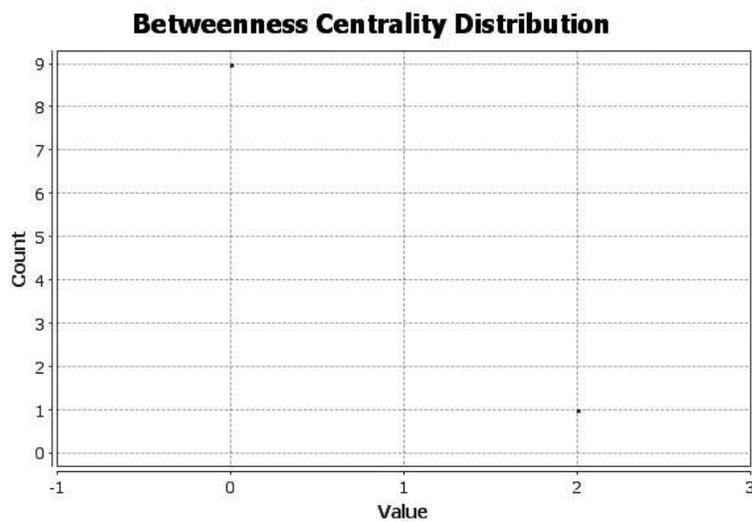


Figura X.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa W.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura X.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
2.0	W8
0.0	W1
0.0	W2
0.0	W3
0.0	W4
0.0	W5
0.0	W6
0.0	W7
0.0	W9
0.0	W10

Figura X.10: rede de coautoria do programa W - classificação em relação a centralidade de intermediação.

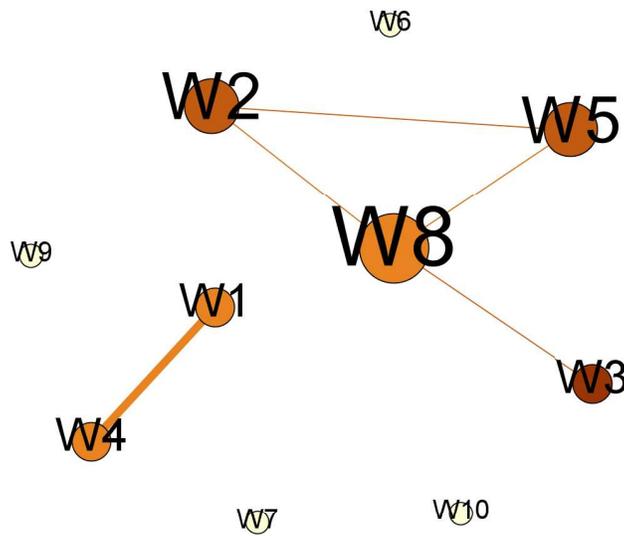


Figura X.11: rede de coautoria do programa W - centralidade de proximidade com rótulos.

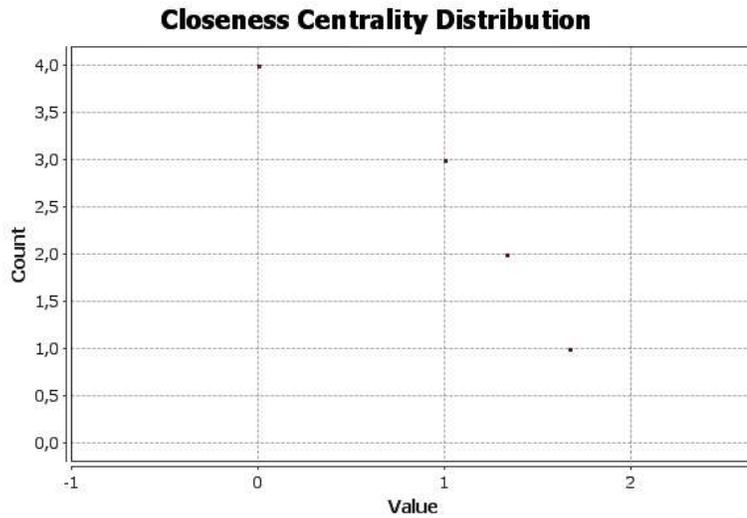


Figura X.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa W.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices com esse valor. Na Figura X.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
1.6666666666666667	W3
1.3333333333333333	W2
1.3333333333333333	W5
1.0	W1
1.0	W4
1.0	W8
0.0	W6
0.0	W7
0.0	W9
0.0	W10

Figura X.13: rede de coautoria dopPrograma W - classificação em relação a centralidade de proximidade.

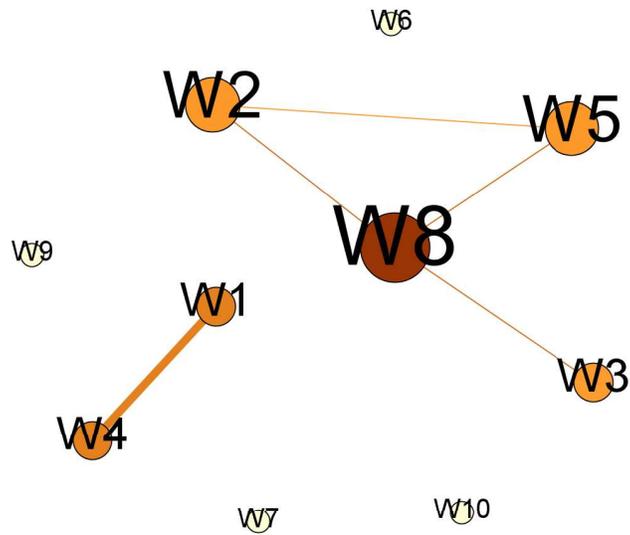


Figura X.14: rede de coautoria do programa W - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
1.52664	W8
1.0	W1
1.0	W4
0.831386	W2
0.831386	W5
0.810588	W3
0.15	W6
0.15	W7
0.15	W9
0.15	W10

Figura X.15: rede de coautoria do programa W - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice Y

Grafos das Redes de Coautoria do Programa X: Modelos de Decisão e Saúde - UFPB, PB.

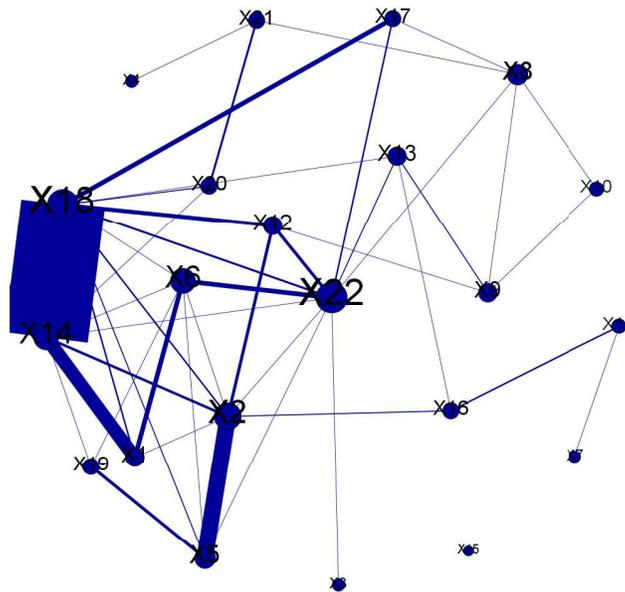


Figura Y.1: rede de coautoria do programa X com rótulos.

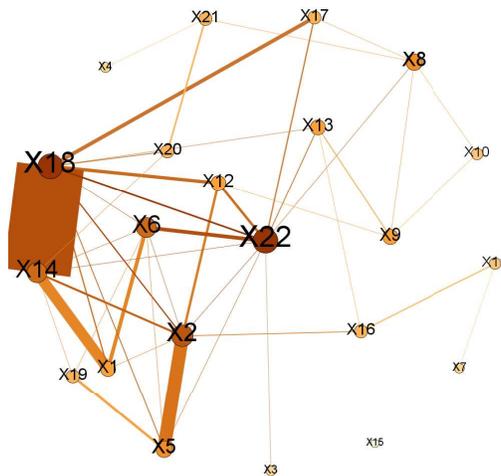


Figura Y.2: rede de coautoria do programa X - *hubs*.

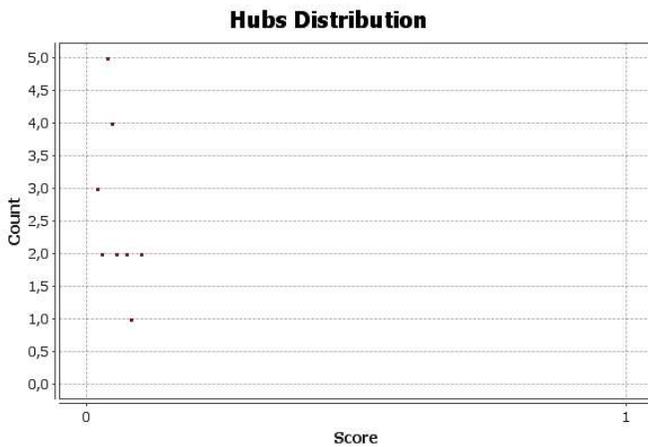


Figura Y.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa X.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.0990991	X18
0.0990991	X22
0.08108108	X2
0.072072074	X6
0.072072074	X14
0.054054055	X5
0.054054055	X8
0.045045044	X1
0.045045044	X9
0.045045044	X12
0.045045044	X13
0.036036037	X16
0.036036037	X17
0.036036037	X19
0.036036037	X20
0.036036037	X21
0.027027028	X10
0.027027028	X11
0.018018018	X3
0.018018018	X4
0.018018018	X7
0.0	X15

Figura Y.4: rede de coautoria do programa X - classificação em relação aos *hubs*.

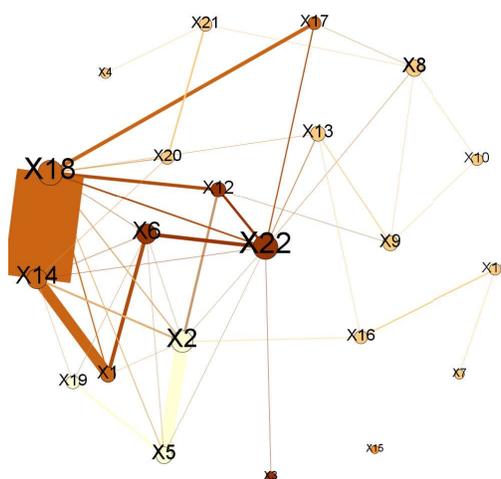


Figura Y.5: rede de coautoria do programa X - modularidade com rótulos.

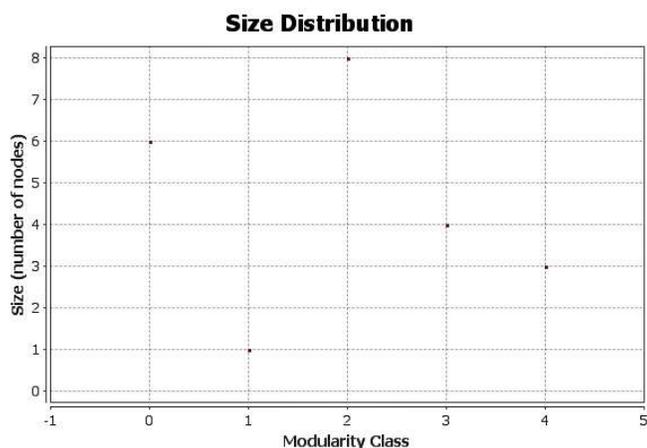


Figura Y.6: distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa X.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura Y.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
	4 X4
	4 X20
	4 X21
	3 X1
	3 X14
	3 X17
	3 X18
	2 X3
	2 X6
	2 X8
	2 X9
	2 X10
	2 X12
	2 X13
	2 X22
	1 X15
	0 X2
	0 X5
	0 X7
	0 X11
	0 X16
	0 X19

Figura Y.7: rede de coautoria do programa X - classificação em relação a modularidade.

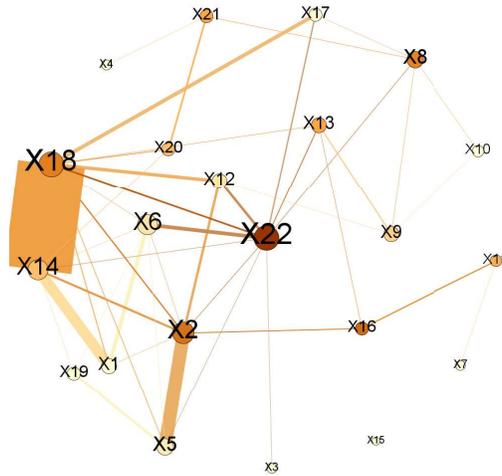


Figura Y.8: rede de coautoria do programa X - centralidade de intermediação com rótulos.

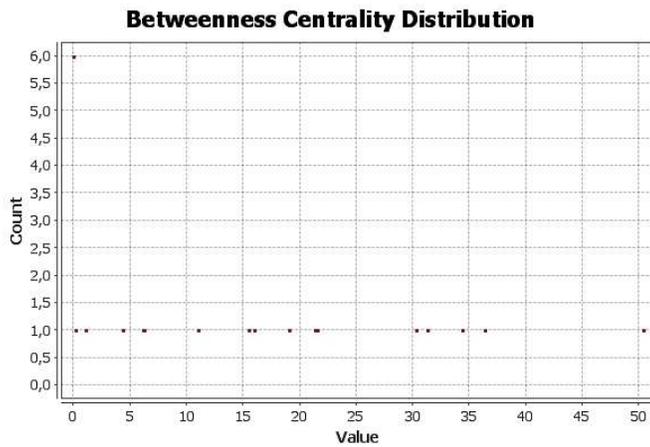


Figura Y.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa X.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura Y.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
50.4166666666665	X22
36.33333333333336	X16
34.31666666666666	X2
31.26666666666666	X18
30.29166666666668	X8
21.54166666666668	X13
21.33333333333332	X21
19.0	X11
16.0	X20
15.49166666666667	X14
11.04166666666668	X9
6.191666666666655	X6
6.166666666666667	X12
4.333333333333334	X5
1.075	X17
0.2	X19
0.0	X1
0.0	X3
0.0	X4
0.0	X7
0.0	X10
0.0	X15

Figura Y.10: rede de coautoria do programa X - classificação em relação a centralidade de intermediação.

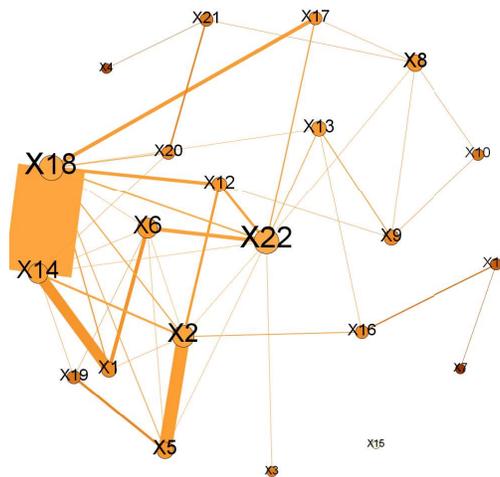


Figura Y.11: rede de coautoria do programa X - centralidade de proximidade com rótulos.

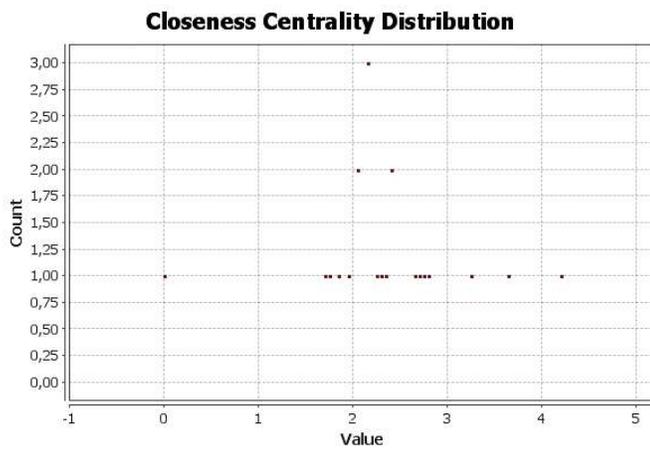


Figura Y.12: distribuição da centralidade de proximidade da rede de coautoria do Programa X.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de proximidade para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura Y.13 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
	4.2 X7
	3.65 X4
	3.25 X11
	2.8 X10
	2.75 X19
	2.7 X21
	2.65 X3
	2.4 X9
	2.4 X16
	2.35 X1
	2.3 X20
	2.25 X17
	2.15 X5
	2.15 X8
	2.15 X12
	2.05 X6
	2.05 X13
	1.95 X14
	1.85 X2
	1.75 X18
	1.7 X22
	0.0 X15

Figura Y.13: rede de coautoria do programa X - classificação em relação a centralidade de proximidade.

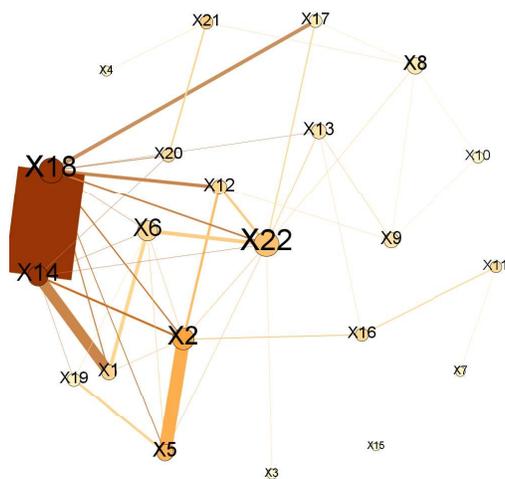


Figura Y.14: rede de coautoria do programa X - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
3.67801	X18
3.67246	X14
1.67072	X2
1.42524	X5
1.19054	X22
0.946314	X21
0.858448	X1
0.834916	X12
0.818068	X6
0.806286	X16
0.754737	X11
0.747215	X20
0.579811	X13
0.575893	X9
0.511589	X8
0.478382	X17
0.370244	X19
0.315733	X7
0.290943	X4
0.283461	X10
0.190993	X3
0.15	X15

Figura Y.15: rede de coautoria do programa X - classificação em relação ao *rank* de colaboração.

Apêndice Z

Grafos das Redes de Coautoria do Programa Y: Nanociência - UNIFRA, RS.

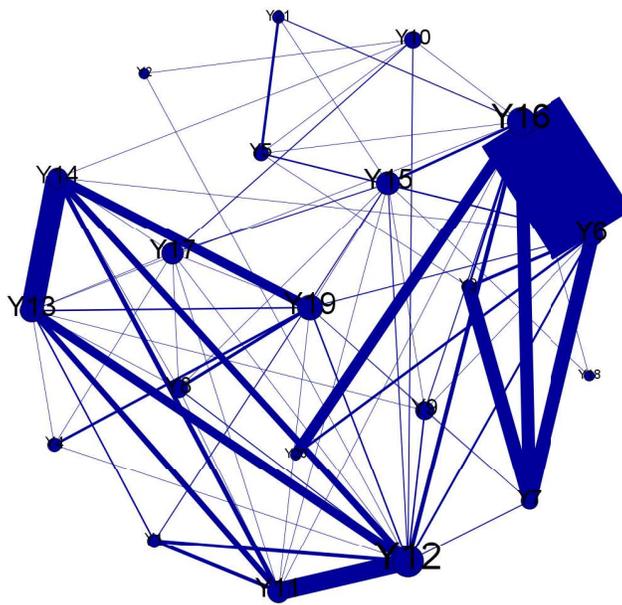


Figura Z.1: rede de coautoria do programa Y com rótulos.

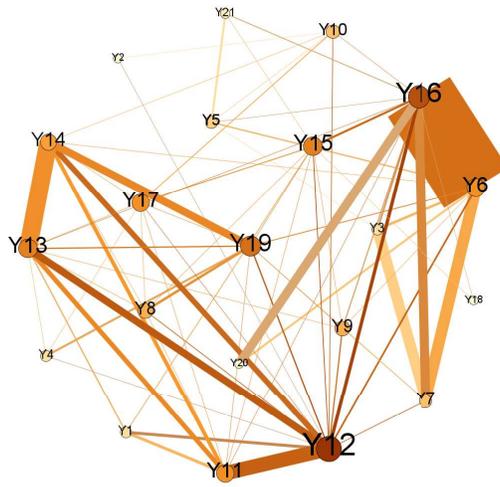


Figura Z.2: rede de coautoria do programa Y - *hubs*.

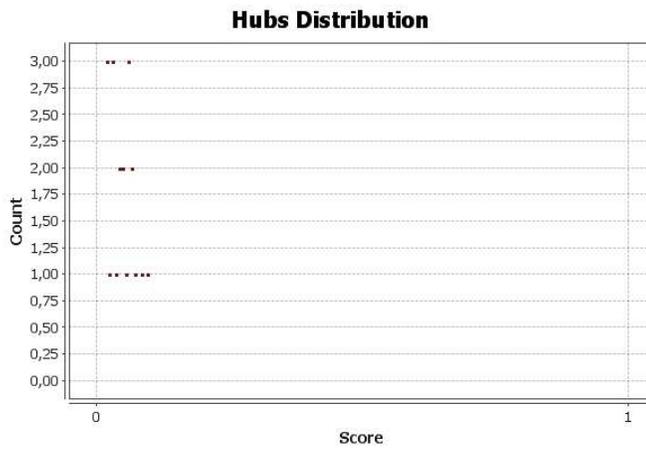


Figura Z.3: distribuição dos *hubs* da rede de coautoria do programa Y.

Onde o eixo das abcissas representa pontos e o eixo das ordenadas representa a quantidades de vértices que cada ponto possui.

Classificar	Rótulo
0.09580839	Y12
0.08383234	Y16
0.07185629	Y19
0.065868266	Y13
0.065868266	Y15
0.059880238	Y6
0.059880238	Y11
0.059880238	Y17
0.053892214	Y14
0.047904193	Y8
0.047904193	Y9
0.04191617	Y7
0.04191617	Y10
0.035928145	Y5
0.029940119	Y1
0.029940119	Y3
0.029940119	Y4
0.023952097	Y21
0.017964073	Y2
0.017964073	Y18
0.017964073	Y20

Figura Z.4: rede de coautoria do programa Y - classificação em relação aos *hubs*.

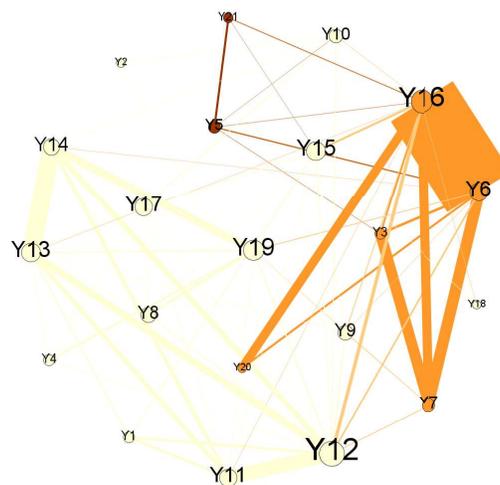


Figura Z.5: rede de coautoria do programa Y - modularidade com rótulos.

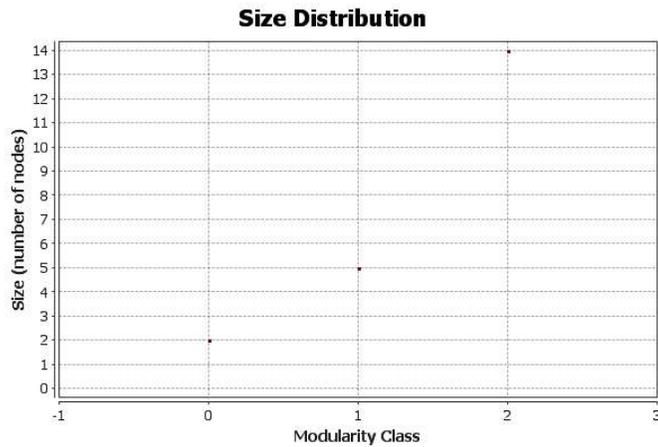


Figura Z.6: distribuição da modularidade da Rede de Coautoria do Programa Y.

Temos as comunidades organizadas em classes no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o número de vértices que cada classe possui. Na Figura Z.7 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
2	Y5
2	Y21
1	Y3
1	Y6
1	Y7
1	Y16
1	Y20
0	Y1
0	Y2
0	Y4
0	Y8
0	Y9
0	Y10
0	Y11
0	Y12
0	Y13
0	Y14
0	Y15
0	Y17
0	Y18
0	Y19

Figura Z.7: rede de coautoria do programa Y - classificação em relação a modularidade.

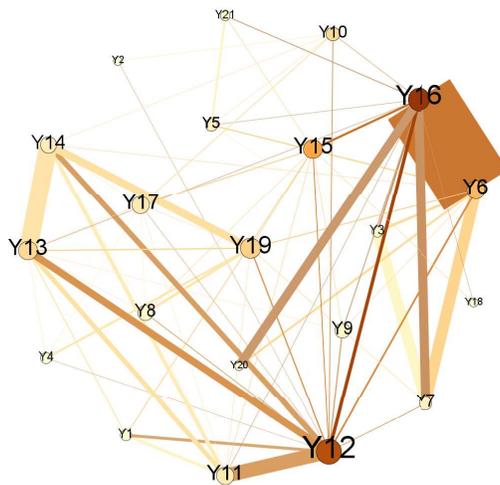


Figura Z.8: rede de coautoria do programa Y - centralidade de intermediação com rótulos.

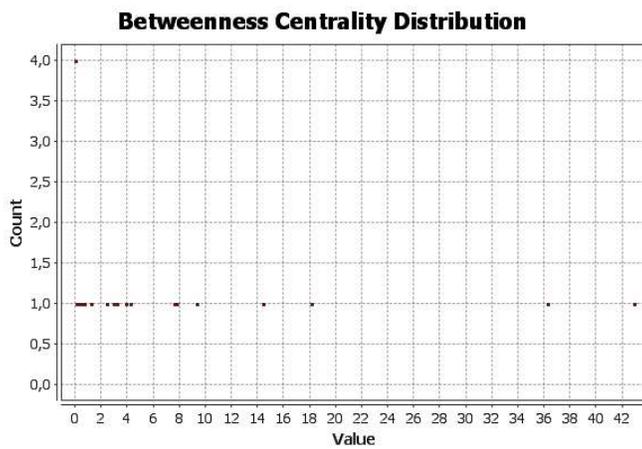


Figura Z.9: distribuição da centralidade de intermediação da rede de coautoria do Programa Y.

O eixo das abcissas representa o valor da centralidade de intermediação para o nó e o eixo das ordenadas representa a quantidade de vértices com esse valor. Na Figura Z.10 temos a Tabela referente a essa distribuição.

Classificar	Rótulo
42.888816738816736	Y16
36.27759740259741	Y12
18.130266955266954	Y15
14.418073593073593	Y6
9.321139971139973	Y19
7.729834054834055	Y13
7.622402597402598	Y10
4.249242424242424	Y17
3.8881673881673886	Y11
3.1850288600288597	Y14
2.9575757575757575	Y5
2.4135642135642135	Y7
1.2178571428571427	Y9
0.7337662337662338	Y21
0.5083333333333333	Y8
0.3333333333333333	Y3
0.125	Y1
0.0	Y2
0.0	Y4
0.0	Y18
0.0	Y20

Figura Z.10: rede de coautoria do programa Y - classificação em relação a centralidade de intermediação.

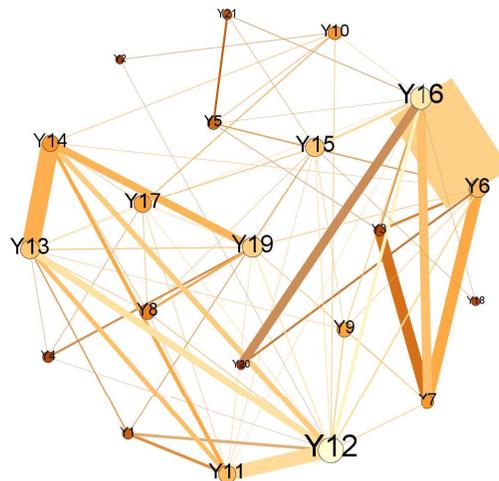


Figura Z.11: rede de coautoria do programa Y - centralidade de proximidade com rótulos.

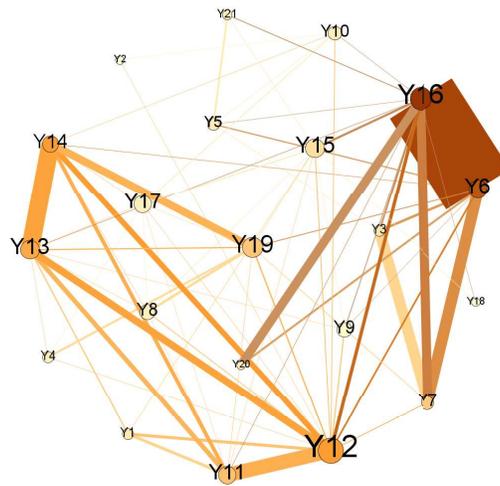


Figura Z.14: rede de coautoria do programa Y - *rank* de colaboração com rótulos.

Classificar	Rótulo
3.65612	Y16
3.04441	Y6
1.82663	Y14
1.82534	Y12
1.61031	Y13
1.23194	Y11
1.11465	Y19
1.09588	Y7
0.688752	Y15
0.63849	Y3
0.541752	Y1
0.490351	Y5
0.471469	Y10
0.443584	Y20
0.426776	Y21
0.420989	Y4
0.417041	Y17
0.407635	Y8
0.25294	Y9
0.203124	Y18
0.191823	Y2

Figura Z.15: rede de coautoria do programa Y - classificação em relação ao *rank* de colaboração.