

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA

**AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE DISSERTAÇÃO
EM FORMATO ELETRÔNICO**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, **AUTORIZO** o Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás – UFG a reproduzir, inclusive em outro formato ou mídia e através de armazenamento permanente ou temporário, bem como a publicar na rede mundial de computadores (*Internet*) e na biblioteca virtual da UFG, entendendo-se os termos “reproduzir” e “publicar” conforme definições dos incisos VI e I, respectivamente, do artigo 5º da Lei nº 9610/98 de 10/02/1998, a obra abaixo especificada, sem que me seja devido pagamento a título de direitos autorais, desde que a reprodução e/ou publicação tenham a finalidade exclusiva de uso por quem a consulta, e a título de divulgação da produção acadêmica gerada pela Universidade, a partir desta data.

Título: O uso de algoritmos evolutivos para a formação de grupos na aprendizagem colaborativa no contexto corporativo

Autor(a): Samuel Sabino Caetano

Goiânia, 15 de Agosto de 2013 .

Samuel Sabino Caetano – Autor

Dra. Deller James Ferreira – Orientadora

Dr. Celso Gonçalves Camilo Júnior – Co-Orientador

SAMUEL SABINO CAETANO

O uso de algoritmos evolutivos para a formação de grupos na aprendizagem colaborativa no contexto corporativo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação.

Área de concentração: Informática na Educação.

Orientadora: Profa. Dra. Deller James Ferreira

Co-Orientador: Prof. Dr. Celso Gonçalves Camilo Júnior

Goiânia
2013

SAMUEL SABINO CAETANO

O uso de algoritmos evolutivos para a formação de grupos na aprendizagem colaborativa no contexto corporativo

Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação, aprovada em 15 de Agosto de 2013 , pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Profa. Dra. Deller James Ferreira
Instituto de Informática – UFG
Presidente da Banca

Prof. Dr. Celso Gonçalves Camilo Júnior
Instituto de Informática – UFG

Prof. Dr. Carlos Alberto de Jesus Martinhon
Universidade Federal Fluminense – UFF

Prof. Dra. Telma Woerle de Lima Soares
Instituto de Informática – UFG

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador(a).

Samuel Sabino Caetano

Graduou-se em Processamento de Dados na UEG - Universidade Estadual de Goiás. Trabalhou no setor privado desenvolvendo projetos na área de computação, onde percebeu que os computadores poderiam ser usados para criação do conhecimento. Por isso, retornou ao meio acadêmico, para fazer Mestrado, na UFG - Universidade Federal de Goiás, onde estudou a aplicação de metaheurística para trabalhos em grupo no ambiente de trabalho. Atualmente trabalha como analista de controle interno.

Agradecimentos

Certa vez me disseram: "Assim diz o SENHOR que te criou, ó Jacó, e que te formou, ó Israel: Não temas, porque eu te remi; chamei-te pelo teu nome, tu és meu. Quando passares pelas águas estarei contigo, e quando pelos rios, eles não te submergirão; quando passares pelo fogo, não te queimarás, nem a chama arderá em ti." [Isaías 43:1-2].

Por isso, em primeiro lugar agradeço à Deus, companheiro fiel durante todo o trabalho e sem ele esta dissertação não teria se materializado.

Agradeço ainda:

ao Dr. Augusto Neto, Msc. Jesus Rodrigo e Dra. Maria Socorro por terem acreditado em meu trabalho e recomendado meu ingresso no programa de mestrado;

à Profa. Deller e o Prof. Celso que me ajudaram a concluir o trabalho, compartilhando o conhecimento, tendo sido pacientes e tolerantes com as falhas ocorridas no curso dos trabalhos;

aos demais professores do Instituto de Informática da UFG, pois o conhecimento por eles compartilhado foi fundamental para construção desta dissertação;

ao Dr. Aroldo que ajudou a concluir este trabalho, sobretudo por flexibilizar os horários de trabalho para que eu pudesse participar do programa de mestrado e, conseqüentemente, elaborar esta dissertação;

à Mariana Branco pela revisão do texto;

à Dra. Rosângela Alencar, Presidenta do Sindjustiça e Flávia Osório, Diretora da Divisão de Desenvolvimento Humano do Tribunal de Justiça;

à Poliana pela paciência.

"Melhor é serem dois do que um, porque têm melhor recompensa do seu trabalho. Porque se um cair, o outro levanta o seu companheiro; mas ai do que estiver só; pois, caindo, não haverá outro que o levante... E, se alguém prevalecer contra um, os dois lhe resistirão; e o cordão de três dobras não se quebra tão depressa."

Eclesiastes 4:9-10, 12,
Bíblia Cristã.

Resumo

Caetano, Samuel Sabino. **O uso de algoritmos evolutivos para a formação de grupos na aprendizagem colaborativa no contexto corporativo**. Goiânia, 2013 . 148p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

A aprendizagem em grupos tem se tornado realidade cada vez mais presente nos ambientes de ensino. Esta realidade também faz parte das organizações quando considera-se a aprendizagem no contexto do trabalho. Cientes da importância da aprendizagem em grupo no ambiente de trabalho, uma nova abordagem, denominada CSCL@Work, surge como uma aplicação da área Aprendizagem Colaborativa Apoiada pelo Computador, no inglês, Computer Supported Collaborative Learning (CSCL), no ambiente de trabalho. Em CSCL, pesquisadores tem se esforçado cada vez mais para maximizar o desempenho dos grupos através de técnicas para formação de grupos. Por isso neste trabalho desenvolvemos 3 (três) abordagens algorítmicas para formação de grupos intra-heterogêneos e inter-homogêneos, a partir de um modelo proposto nesta pesquisa, que integra características funcionais dicotômicas e papéis preferidos. Confeccionamos um algoritmo que gera grupos aleatoriamente, um algoritmo genético canônico e um algoritmo genético híbrido. Para obter os dados de entrada do algoritmo, realizamos uma pesquisa no Tribunal de Justiça do Estado de Goiás para identificar características funcionais dicotômicas, categorizamos estas características, com base nos dados encontrados e no modelo de formação de grupos proposto. A partir de dados reais fornecidos de funcionários que participaram de um curso por Educação a Distância (EaD), aplicamos o modelo e obtivemos os dados de entrada relativos às características funcionais. Quanto aos papéis preferidos, atribuímos os valores aleatoriamente aos funcionários mencionados, partindo de um levantamento estatístico feito por Belbin em empresas no Reino Unido. Em seguida, executamos os algoritmos em três casos de testes, um considerando as características funcionais e papéis preferidos, e os outros dois considerando separadamente cada uma destas perspectivas. A partir dos resultados obtidos, constatamos que o algoritmo genético híbrido obtém resultados superiores ao algoritmo genético canônico e método aleatório.

Palavras-chave

CSCL, CSCW, CSCL@Work, Meta-Heurística, Heurística, Formação de Grupos, Criação do Conhecimento Organizacional, Algoritmos Genéticos, Algoritmos Genéticos Híbridos

Abstract

Caetano, Samuel Sabino. **The application of evolutionary algorithms for group formation in collaborative learning at workplace**. Goiânia, 2013 . 148p. MSc. Dissertation. Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

Increasingly, learning in groups has become present in school environments. This fact is also part of the organizations, when considers learning in the workplace. Conscious of the importance of group learning at the workplace (CSCL@Work) emerges as an application area. In Computer Supported Collaborative Learning(CSCL), researchers have been struggling to maximize the performance of groups by techniques for forming groups. Is that why this study developed three (3) algorithmic approaches to formation of intra-heterogeneous and inter-homogeneous groups, as well as a model proposed in this work in which integrates dichotomous functional characteristics and preferred roles. We made an algorithm that generates random groups, a Canonical Genetic Algorithm and Hybrid Genetic Algorithm. We obtained the input data of the algorithm by a survey conducted at the Court of the State of Goiás to identify dichotomous functional characteristics, and after we categorize these characteristics, based on the data found and the model proposed group formation. Starting at real data provided of employees whom participated in a course by Distance Education (EaD), we apply the model and we obtained the input data related to functional features. As regards the favorite roles, we assigned randomly values to the employees aforementioned, from a statistical statement made by Belbin into companies in the United Kingdom. Then, we executed the algorithms in three test cases, one considering the preferred papers and functional characteristics, while the other two separately considering each of these perspectives. Based on the results obtained, we found that the hybrid genetic algorithm outperforms the canonical genetic algorithm and random generator.

Keywords

CSCL, CSCW, CSCL@Work, MetaHeuristics, Heuristic, Groups Formation, Organizational Knowledge Creation, Genetic Algorithms, Hybrid Genetic Algorithms

Sumário

Lista de Figuras	12
Lista de Tabelas	13
1 Introdução	14
2 Fundamentação Teórica	28
2.1 A aprendizagem na organização como fonte de vantagem competitiva	29
2.2 A criação do conhecimento através da dialética	30
2.3 O emprego do CSCW e CSCL como ferramentas para criação do conhecimento	32
2.4 A transformação da dicotomia em vantagem para criação do conhecimento	35
2.5 O conhecimento emergente da organização	37
2.6 Papéis de liderança nos grupos	39
2.7 A Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador - CSCL	42
2.7.1 Elementos da aprendizagem colaborativa	43
2.7.2 Interdependência positiva	44
2.7.3 Interação frente a frente para o desenvolvimento social	45
2.7.4 Responsabilidade Individual	46
2.7.5 Habilidades interpessoais e grupos pequenos	47
2.7.6 Processamento através do grupo	48
2.7.7 Diferença entre os trabalhos em grupos tradicionais e os grupos colaborativos	49
2.7.8 Benefícios da aprendizagem colaborativa	49
2.8 Formação de grupos na aprendizagem colaborativa	51
2.9 Como os grupos são organizados	52
2.10 A homogeneidade intergrupos	54
2.11 Modelos de formação de grupos	57
2.12 O Modelo Belbin	58
2.12.1 O Pensador	59
2.12.2 O Investigador de Recursos	60
2.12.3 O Coordenador	60
2.12.4 O Articulador	60
2.12.5 O Facilitador	61
2.12.6 O Implementador	61
2.12.7 O Analista	62
2.12.8 O Realizador	62
2.12.9 O Especialista	62
2.13 Diversidade de papéis funcionais	63
2.14 Algoritmos Genéticos	65

2.14.1	Introdução	66
2.14.2	Características dos algoritmos genéticos	67
2.14.3	A função objetivo	68
2.14.4	Seleção dos pais	69
2.14.5	Seleção dos pais	69
2.14.6	Operadores genéticos	70
2.14.7	Mutação	71
2.14.8	Algoritmos genéticos híbridos	72
2.14.9	Busca Local	73
3	Algoritmo Evolutivo para formação de grupos para CSCL@Work	74
3.1	A operacionalização do EaD na instituição	75
3.2	O CSCW e CSCL na organização	75
3.3	A diversidade de funcionários na instituição	77
3.4	As dicotomias encontradas na instituição	78
3.4.1	Vínculo institucional	79
3.4.2	Acesso à Informação Organizacional	82
3.4.3	Conflito de responsabilidades entre gestores e controladores	84
3.4.4	Confronto das competências centrais e não centrais	87
3.5	Taxonomia dos papéis preferidos	89
3.6	Representação das Taxonomias da organização	90
3.6.1	Aferição da heterogeneidade intragrupo	91
3.6.2	Aferição da homogeneidade intergrupos	93
3.7	A modelagem do problema	94
3.7.1	Restrições do problema	97
3.8	A modelagem do algoritmo genético	99
3.8.1	Representação por Cromossomos	99
3.8.2	Seleção, cruzamento, mutação e elitismo	101
3.8.3	Restrições e Função de reparação	102
3.8.4	Função de Penalidade	104
3.8.5	Cálculo da aptidão	106
3.8.6	Busca Local	106
3.9	Configuração de testes do Algoritmo Genético	108
3.9.1	Dados de entrada do algoritmo	108
3.9.2	Calibração da taxa de cruzamento e mutação do AG	111
3.10	Os cenários de teste	113
3.11	O algoritmo que gera grupos aleatoriamente	114
4	Experimentos	116
4.1	Resultados obtidos pelo método aleatório	116
4.2	Resultados obtidos pelo Algoritmo Genético Canônico	117
4.3	Resultados obtidos pelo algoritmo genético híbrido	119
4.4	Comparativo dos resultados obtidos pelos 3 algoritmos	120
4.4.1	Comparativo entre Algoritmo Gerador Aleatório e Algoritmo Genético Canônico	121
4.4.2	Comparativo entre o Algoritmo Gerador Aleatório e o Algoritmo Genético Híbrido	122
4.4.3	Comparativo entre o Algoritmo Genético Canônico e o Algoritmo Genético Híbrido	123
4.5	Resultados dos testes adicionais	125

5 Conclusões

128

Referências Bibliográficas

131

Lista de Figuras

2.1	Grupos heterogêneos usando notas como critério	55
2.2	Grupos homogêneos usando notas como critério	56
2.3	Exemplo grupos heterogêneos balanceados	57
2.4	Pseudocódigo do algoritmo genético desenvolvido	69
2.5	Crossover Uniforme	71
2.6	Crossover de um ponto	71
2.7	Crossover de múltiplos pontos	72
2.8	Pseudocódigo do algoritmo Hill Climbing	73
3.1	Exemplo de representação de um grupo	90
3.2	Demonstração da aferição da heterogeneidade de um grupo	92
3.3	Conjunto universo dos alunos	94
3.4	Partições do conjunto universo dos alunos	94
3.5	Exemplo de matriz 5-uplas que representa um grupo	97
3.6	Representação uma solução através de um cromossomo	100
3.7	Demonstração da aplicação do cruzamento no algoritmo genético	101
3.8	Demonstração da aplicação da mutação no algoritmo genético	102
3.9	Pseudocódigo da estratégia de busca local adotada	107
3.10	Resultados obtidos durante a calibração da taxa de mutação	111
3.11	Resultados obtidos durante a calibração da taxa de cruzamento	113
4.1	Comparativo da variação do fitness obtido pelo algoritmo genético canônico	118
4.2	Comparativo da variação do fitness obtido pelo algoritmo genético híbrido	120
4.3	Comparativo de resultados obtidos pelos algoritmos no caso de teste T1	121
4.4	Comparativo de resultados obtidos pelos algoritmos no caso de teste T2	124
4.5	Comparativo de resultados obtidos pelos algoritmos no caso de teste T3	125

Lista de Tabelas

2.1	Comparativo entre grupos tradicionais e CSCL	55
2.2	Exemplo de distribuição de alunos por nível de conhecimento	56
2.3	Quadro resumido dos papéis do modelo Belbin	64
2.4	Representações em algoritmos genéticos	67
3.1	Taxonomia do vínculo com a instituição	81
3.2	Taxonomia da assimetria da informação	84
3.3	Taxonomia das responsabilidades	87
3.4	Taxonomia das competências	88
3.5	Taxonomia dos papéis preferidos	89
3.6	Exemplo de heterogeneidade de grupos	93
3.7	Tabela de restrições e tratamento	103
3.8	Tabela de Penalidades	105
3.9	Distribuição de frequências dos dados de entrada do algoritmo	110
3.10	Cenário de testes	114
4.1	Fitness das soluções geradas aleatoriamente	117
4.2	Fitness das soluções obtidas pelo algoritmo genético canônico	117
4.3	Fitness das soluções obtidas pelo Algoritmo Genético Híbrido	119
4.4	Comparativo dos resultados gerados aleatoriamente e obtidos pelo Algoritmo Genético Canônico	121
4.5	Comparativo dos resultados gerados aleatoriamente e obtidos pelo Algoritmo Genético Híbrido	123
4.6	Comparativo dos resultados obtidos pelo Algoritmo Genético Canônico e Algoritmo Genético Híbrido	124
4.7	Distribuição de frequência dos funcionários utilizada no teste adicional	126
4.8	Comparativo dos resultados obtidos a partir de dados de entrada simulados	127

Introdução

Desde os primórdios a humanidade tem se organizado em grupos. Há muito tempo, o homem percebeu que realizar tarefas em conjunto com outros homens lhe colocava em vantagem. Um exemplo destas tarefas eram as caçadas, onde vários homens caçando em grupo lhes davam a chance de abater animais maiores e, conseqüentemente, ampliar a possibilidade de sobrevivência de seu clã ou linhagem.

Quando a humanidade deixou de ser nômade e passou a cultivar seu alimento, a necessidade de trabalhar em grupo foi amplificada, sobretudo para prover mão de obra para cultivo da lavoura e, o mais importante, garantir a sobrevivência do grupo em situações de conflitos com tribos inimigas.

A medida que o homem aperfeiçoou a comunicação, diferentes tipos de conhecimento foram construídos, acumulados em artefatos, denominados tecnologias, e transmitidos às próximas gerações [48]. Este avanço das comunicações fez com que os indivíduos passassem a compartilhar sentimentos comuns, o qual a antropologia denomina nação. A formação de nações originou as atuais formas de Estado.

No final dos anos de 1970, o conhecimento construído sobre trabalhos em grupo deixou a esfera antropológica e sociológica e passou para o campo pedagógico, onde começaram a desenvolver estudos sobre a formação de grupos para alcance de objetivos, compartilhamento de conhecimento e aprendizagem. Desse movimento surgiu a aprendizagem colaborativa.

A aprendizagem colaborativa foi uma das formas desenvolvidas para trabalhos em grupo e se trata de um conjunto de processos que auxiliam as pessoas a interagirem para que juntas elas atinjam o objetivo de aprendizagem colaborativa, ou seja, criar o contexto apropriado para que os alunos construam juntos o conhecimento. A aprendizagem colaborativa consiste em uma estratégia de ensino em pequenos grupos, compostos por alunos de diversos níveis de habilidades, usando atividades colaborativas para melhorar a compreensão dos alunos sobre um dado assunto, fazendo com que cada aluno seja responsável, além de seu próprio aprendizado, por ajudar os colegas a compreenderem o conteúdo; o que cria um ambiente onde os alunos estão sempre interagindo uns com os outros [190, 142].

Uma ampla pesquisa foi promovida nos últimos anos sobre aprendizagem colaborativa, especialmente procurando responder se este método é mais efetivo que os outros [46]. Em função da relação do tipo de interdependência existente entre os indivíduos nas condições em que eles trabalham.

Além disso, os benefícios da aprendizagem colaborativa têm sido amplamente pesquisados. Dentre os que já foram identificados e reconhecidos, observa-se o aumento do conhecimento e habilidades, aumento da compreensão de conceitos, melhorias quanto à atitude e motivação, melhoria na habilidade comunicativa, melhor habilidade para realização de trabalhos em grupos, aumento da autoestima, melhoria das relações interpessoais, entre outros[46].

Uma das vertentes de pesquisa busca identificar a formação de grupo como fator crítico de sucesso da aprendizagem colaborativa, pois a partir dela são determinados os perfis dos alunos que trabalharão juntos para a execução das tarefas designadas pelo professor e a consequente aprendizagem. De fato essa corrente se justifica, pois no campo educacional são formados grupos pelas mais diversas razões, dentre elas a confecção de exercícios práticos, a descoberta do aprendizado, onde os estudantes simplesmente descobrem ao invés de serem direcionados pelo professor e resolução de problemas em sala, onde os professores permitem os alunos praticarem a solução [21].

Em 1994, Palmer e Fields apresentaram um artigo sobre Trabalho Cooperativo Assistido por Computador, do inglês, Computer-supported Cooperative Work (CSCW). CSCW refere-se pessoas trabalhando juntas em um produto, pesquisa, trabalho escolar, com o apoio de computadores [141]. Estes autores [141] apresentaram ainda os modos pelos quais os trabalhos são realizados em grupos no CSCW, dividindo-os em três: síncrono, assíncrono e síncrono distribuído. No modo síncrono, as pessoas trabalham juntas, no mesmo local físico e ao mesmo tempo. No modo assíncrono, as pessoas estão trabalhando juntas, porém em locais diferentes e em tempos diferentes.

A Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador, do inglês, Computer Supported Collaborative Learning (CSCL) surgiu com base nos estudos em CSCW e também pela necessidade de formação de grupos de aprendizagem. A CSCL consiste em um método pedagógico onde dois ou mais indivíduos constroem conhecimento através da discussão, reflexão e tomada de decisões, apoiados por recursos computacionais que fornecem os meios os quais o conhecimento pode ser construído.

A aprendizagem colaborativa pode ser definida como a situação em que um grupo de pessoas aprendem ou tentam aprender alguma coisa juntas [51]. A aprendizagem colaborativa compreende várias pessoas trabalhando juntas para aprender alguma coisa.

No entanto, somente podem ser caracterizadas como colaborativa as situações onde pessoas trabalham em grupos e existe um compartilhamento de responsabilidades entre os membros do grupo para as ações do grupo. Um princípio básico do aprendizado

colaborativo é o consenso sobre a cooperação mútua dos membros do grupo [142].

Assim, a ideia central da CSCL é utilizar programas de computador para executar processos sociocognitivos no intuito de possibilitar o compartilhamento e construção do conhecimento. Um fator crítico de sucesso para construção de ambientes de aprendizagem colaborativa é a formação dos grupos de alunos.

Slavin [178] diz que a teoria sobre a contribuição da formação dos grupos está na exploração de ideias e percepções opostas, maior entendimento e também os alunos trabalhando próximos uns aos outros irão desenvolver modelos de soluções de melhor qualidade. Desse modo, a formação adequada do grupo permite melhores interações entre os membros e estas interações são importantes para o aprendizado [127]. O potencial de interações entre os membros dos grupos é determinado pela maneira através da qual o grupo é formado [197].

Portanto, a utilização de técnicas computacionais como computação evolutiva para apoiar o processo de formação de grupos assume papel educacional importante, pois na maioria dos casos a formação de grupos é uma tarefa que exige muito esforço do professor para separar os alunos em grupos de maneira mais adequada. Por isso, diversos pesquisadores da área de ciência da computação propuseram algoritmos, modelos matemáticos e programas de computador para facilitar o trabalho em sala de aula, abordando o tema de formação de grupos sob as mais diversas perspectivas, dentre as quais a perspectiva cognitiva, papéis, interesses e conhecimento prévio [21, 157, 199, 69, 107, 119, 61, 41, 139, 143, 201, 127, 111].

Em um dos primeiros trabalhos onde se aplicou algoritmos para apoiar a formação de grupos para aprendizagem colaborativa, Redmond [157] constatou que a compatibilidade de horários era um fator importante para realização das atividades extraclasse a serem executadas pelos membros do grupo e os métodos tradicionais de seleção eram negligentes com relação à disponibilidade de horários para reunião dos membros do grupo. Diante deste cenário, ele propôs um algoritmo que realizasse o agrupamento dos alunos considerando a disponibilidade de horário de cada um deles.

O trabalho proposto por Redmond resolve o problema da compatibilidade de horários, todavia, a formação de grupos envolve outros aspectos além da questão de alinhamento dos horários disponíveis pelos membros do grupo.

Wessner e Pfister [199] apresentaram uma pesquisa com vistas integrar a aprendizagem colaborativa ao ambiente, de modo que a informação sobre o contexto de colaboração pudesse ser utilizada para ajudar na colaboração, inclusive na formação de grupos, independente do conteúdo sendo ensinado. Segundo os autores [199], a formação dos grupos se dava em três fases. A primeira fase tratava-se da Iniciação, onde uma situação de colaboração poderia ser iniciada pelo aluno ou pelo instrutor. Então os alunos iniciavam a formação ao aceitarem realizar a tarefa proposta. Na segunda fase ocorria a Identificação

dos alunos parceiros. O algoritmo proposto por eles identificava os alunos que preenchiam os requisitos para comporem um grupo. Na fase 3 ocorria a negociação entre os potenciais participantes. Nesta fase, o algoritmo interagiu entre os potenciais parceiros para determinarem os grupos os quais eles iriam participar.

No algoritmo proposto pelos autores, o instrutor do curso definia que tipo de atividades realizadas seriam contabilizadas como contribuição para a aprendizagem colaborativa. A partir desta contribuição, os autores introduziram uma unidade de contagem, chamada Pontos de Cooperação Pretendidos, que é uma derivação dos pontos de cooperação e que a partir dos quais os instrutores podem formar grupos manualmente ou automaticamente.

Não obstante a contribuição teórica do trabalho proposto, a dificuldade em operacionalizar a proposta apresentada por Wessner e Pfister [199] está no fato de que a utilização do método por eles proposto depende do instrutor e não leva em consideração características da personalidade do estudante, considerando somente os IPOCs, o que pode resultar em comportamentos indesejáveis dos alunos que compõem o grupo.

Por outro lado, o autor não esclarece ainda quais eram os tipos de grupos formados, se homogêneos ou heterogêneos, e o trabalho não considera aspectos fundamentais da aprendizagem colaborativa, como a interdependência positiva e o exercício dos papéis atribuídos a cada aluno bem como o tratamento de questões funcionais.

Além disso, a adequação do grupo ocorre após a avaliação da colaboração, ou seja, após uma formação possivelmente aleatória dos grupos e o desenrolar das atividades, o que torna o remanejamento dos grupos um pouco mais difícil por conta dos trabalhos já terem sido iniciados.

Em 2006, Graf e Bekele [69] apresentaram um modelo matemático de modelagem e um algoritmo que formava grupos heterogêneos utilizando otimização de colônia de formigas. No trabalho apresentado, elas consideravam a heterogeneidade dos grupos, a personalidade e performance dos alunos.

Segundo as autoras [69], a formação de grupos, especialmente a heterogeneidade dos membros, era comumente negligenciada pelas pesquisas até então apresentadas à época. Sob o aspecto de personalidade, os atributos considerados pelo trabalho delas foram: atitude de trabalho em grupo, interesse pelo assunto, motivação, autoconfiança, timidez, nível de desempenho no assunto e proficiência no idioma da instrução, onde cada um destes itens foi quantificado, recebendo valores entre 1 e 3, onde 1 era o nível mais baixo e 3 o mais alto.

A soma dos atributos de um determinado aluno, denominada *student score*, foi utilizada para medir a heterogeneidade do grupo. Para isso, as autoras calcularam a Distância Euclidiana entre um aluno e outro. A partir da recomendação de Slavin [177] que propôs que estudantes devem trabalhar em pequenos grupos de quatro membros e

com habilidades mistas, as autoras determinaram a métrica que demonstrava o grau de heterogeneidade do grupo em alto, médio e baixo.

Depois de realizada esta modelagem, apresentaram uma função de avaliação e um algoritmo baseado em colônia de formigas cujo objetivo era maximizar esta função. Devido às dificuldades relacionadas à escalabilidade do algoritmo de colônia de formigas proposto, bem como à busca local, para tratar um conjunto contendo 512 estudantes, foi necessário realizar uma modificação no algoritmo de modo que para cada solução fosse selecionado 20% dos estudantes, em detrimento do total.

Graf e Bekele [69] apresentaram uma boa contribuição no assunto e a modelagem do problema proposta por elas é interessante, pois a mesma modelagem pode ser utilizada para algoritmo genético, sendo necessária apenas uma pequena adaptação na função de avaliação. Contudo, não ficou evidenciada a vantagem apresentada pelo algoritmo se comparado a outros métodos e ainda a especificidade da função de avaliação usada para tratar o problema dificulta a comparação da pesquisa com outros resultados na literatura, bem como o fato de não se conhecer o ótimo torna os resultados difíceis de serem verificados. Além disso, os aspectos abordados por elas tratam exclusivamente de sala de aula e não se adequam à realidade vivenciada nas organizações, onde características funcionais dão forma aos pensamentos e maneiras de se trabalhar em grupo.

Em 2003, Kreijnsa et al. [107] alertaram sobre a negligência de aspectos relacionados a processos cognitivos e sociais em ambientes de CSCL. No estudo, o autor aponta dois grandes equívocos que os educadores cometem. O primeiro é pensar que as interações sociais dentro dos grupos se ajustam automaticamente por conta do ambiente tornar tal ajuste tecnologicamente possível. O segundo é a tendência em restringir a interação social para interações educacionais baseada em processos cognitivos enquanto que as intervenções para garantir interações sociais e emotivas são ignoradas, negligenciadas ou até esquecidas.

Convém ressaltar que, embora o estudo destas interações sociais não faz parte do escopo do nosso trabalho, ele apresenta efeito direto na aprendizagem colaborativa. Segundo o autor, apesar de um grande número de variáveis que influenciam o desempenho no CSCL ter sido identificado, todos estes fatores estão relacionados com as interações sociais [107].

Em 2004, Cavanaugh et al. [38] utilizaram o algoritmo *Hill-Climbing* e desenvolveram um programa de computador que formava grupos a partir de critérios estabelecidos pelo instrutor. Em um programa de computador, o instrutor inseria os critérios para formação dos grupos e os alunos preenchiam um formulário para traçar os atributos individuais. Em seguida o instrutor quantificava os atributos informados pelos alunos e o programa formava os grupos.

Ao proporem o algoritmo *Hill-Climbing*, os autores tinham três propósitos. O

primeiro era reduzir o tempo que os instrutores gastavam para formar os grupos. O segundo era melhorar a qualidade dos grupos formados e o terceiro era prover métricas da equipe, através da análise das respostas dadas pelos alunos. Atendendo estes propósitos aumentar a probabilidade das equipes satisfazerem os critérios do instrutor.

O algoritmo apresentado por Cavanaugh et al. [38] forma grupos homogêneos e heterogêneos. Para isso, ele utiliza uma variação no parâmetro de entrada do algoritmo. O trabalho proposto por eles tem contribuição significativa, mesmo que o propósito dos autores não fosse avaliar o quão bom seria um grupo homogêneo ou um grupo heterogêneo ou o grau de homogeneidade e heterogeneidade de uma dada formação.

No ano de 2004, Martin e Paredes [119], inspirados no modelo de estilo de aprendizagem de Felder [59], apresentaram um trabalho que considerava o estilo de aprendizagem para formação de grupos em ambientes de ensino via web. Para isso, eles aplicaram um questionário ILS (*Index of Learning Styles*) onde obtiveram as informações sobre os estilos de aprendizagem dos alunos que foram utilizados nos experimentos.

A partir desta classificação, os autores aplicaram o algoritmo para separar os aprendizes visuais e verbais em dois grandes grupos. Em seguida, agruparam novamente os ativos e reflexivos de modo heterogêneo, dentro dos grupos.

Apesar da contribuição de Martin e Paredes [119], devido ao fato de tratar-se de criação de conhecimento em organizações, as pesquisas não podem se limitar apenas aos aspectos cognitivos, visto que no contexto organizacional há forte influência dos papéis e funções.

Apresentando uma correlação com o trabalho apresentado por Kreijnsa et al. [107] e [199], Félix e Tedesco [61] apresentaram uma ferramenta denominada *Smart Chat Group*, que usa computação sensível ao contexto, onde foi criada uma sociedade de agentes inteligentes para fazer acompanhamento, sugestão e formação automática de pequenos grupos de aprendizagem baseado nas informações de contexto dos aprendizes.

No programa proposto, os autores separam os alunos de acordo com os interesses. Em seguida, a partir de um conjunto de informações fornecidas pelo professor, um programa especial, denominado agente formador de grupos, realiza a formação dos grupos a partir das informações de contexto que são coletadas sobre os aprendizes.

O trabalho proposto pelos autores [61] apresenta as mesmas dificuldades de implementação e operacionalização que mostrou a proposta apresentada por Wessner [199], ou seja, a utilização do método por eles proposto depende do instrutor e a adequação do grupo ocorre após a avaliação da colaboração, isto é, após ocorrer algum tipo de formação de grupos e o desenrolar das atividades. A formação inicial dos grupos continua dependente dos questionários aplicados, sendo a efetividade medida somente pelo lapso de tempo entre as sessões que o aprendiz inicia no programa.

Até então os algoritmos apresentados usavam métodos heurísticos para busca lo-

cal ou global. Em sentido contrário, Christodoulopoulos e Papanikolaou [41] apresentam, em 2007, um trabalho para formação de grupos usando, segundo eles, algoritmos de baixa complexidade. Neste trabalho, os autores elencaram diferentes fatores que devem ser considerados para formação de grupos e focam no problema computacional da seleção mais apropriada.

Os critérios citados por eles são: quantidade de restrições; características educacionais, como habilidades, grau de conhecimento, estilo, competência, localização do aluno ou disponibilidade, nível de homogeneidade e heterogeneidade do grupo; e tamanho do grupo (quantidade de membros em um grupo). Eles compararam os algoritmos *C-Mean*, *K-means* e *Fuzzy C-mean* para formação de grupos homogêneos e método aleatório para grupos heterogêneos.

A dificuldade em implementar a ferramenta proposta por Christodoulopoulos e Papanikolaou está na formação dos grupos heterogêneos. Estudos realizados posteriormente mostraram que o método aleatório perde desempenho para outros algoritmos, como por exemplo o algoritmo genético [127, 21].

As pesquisas apresentadas até então utilizavam diferentes técnicas para formar grupos homogêneos e heterogêneos. Pensando nisso, Ounnas et al [139] propuseram um modelo para medição da qualidade dos grupos formados, independente do algoritmo utilizado para obtenção dos grupos e também sem se preocupar com o resultado obtido do trabalho realizado pelo grupo. No estudo apresentado pelos autores, o modelo foi aplicado em um grupo auto organizado, ou seja, formado pelos próprios estudantes.

Com o propósito de facilitar a avaliação do grupo formado, eles criaram um modelo analítico de métricas e definiram o que era importante para concluir que formação foi bem sucedida. Para isso, eles assumiram que cada aluno na classe deve pertencer a um grupo, todos os grupos tem a mesma quantidade de participantes.

Em seguida, eles definiram algumas restrições e critérios. As restrições foram propostas a partir do raciocínio que o instrutor propõem as atividades de colaboração e para considerá-las atendidas o aluno deve cumprir um conjunto de restrições. Desse modo, quanto maior o número de restrições que um grupo atendesse, melhor. A partir disso, apresentaram fórmulas matemáticas para calcular a qualidade de satisfação das restrições, satisfação percebida da formação do grupo, qualidade da produção do grupo e qualidade de satisfação das metas. Ao final, concluíram que os melhores grupos eram aqueles que melhor atendiam às restrições previamente estabelecidas. O objetivo era medir a satisfação dos membros do grupo quanto ao grupo formado.

O trabalho apresentado por Ounnas é importante pois define fatores para medir a qualidade dos grupos independente do algoritmo utilizado, ou seja, pode ser usado para avaliar o resultado obtido por um determinado algoritmo e compará-lo com outros, porém não esgota o assunto.

No ano de 2010, Paredes et al [143] apresentaram um modelo para auxiliar os instrutores a formarem grupos de alunos baseado no estilo de aprendizagem dos alunos proposto por Felder e Silverman [60]. A abordagem deles foi motivada por um trabalho realizado com 166 alunos do curso de teoria da computação, onde estes alunos foram separados em grupos e foi observado um ganho de desempenho ao agruparem alunos em grupos heterogêneos. A solução proposta por eles foi dividida em duas partes: a primeira trata-se de um algoritmo para formação de grupos denominado *Faraway-so-close*, e a segunda uma ferramenta chamada de *Together*, que auxilia o professor a aplicar o algoritmo de formação de grupos utilizando diferentes configurações de modo a selecionar a solução mais adequada de acordo com o interesse do instrutor.

O trabalho apresentado por Paredes et al., embora de significativa contribuição, aborda o problema somente pelo ponto de vista do estilo cognitivo. Os autores informam ainda que o algoritmo não busca uma solução ótima, devido à dificuldade em construir um algoritmo que otimize sem que haja um critério de seleção absoluto para determinar o melhor grupo, que sirva como guia para que o algoritmo possa tentar alcançá-lo. Ademais, existem outros fatores que podem e devem ser considerados para formação de grupos e que caracterizam-se como uma restrição, como a atribuição dos papéis a serem exercidos pelos alunos dentro do grupo.

Lin et al 2010 [111] apresentaram um algoritmo que trata o problema de formação de grupos de modo a satisfazer dois critérios de agrupamento: o nível de conhecimento dos alunos sobre determinado assunto e o interesse dos alunos sobre o assunto. A partir dos dois critérios, eles aplicaram três fórmulas para obterem a diferença do nível de conhecimento de cada aluno sobre cada tópico, a diferença máxima no nível de conhecimento de cada tópico entre os grupos e a lacuna do interesse dos alunos sobre os temas. Para isso, ele utilizaram de um nova abordagem derivada da otimização por enxame de partículas. No trabalho produzido os autores não deixam claro se foi tratada a questão sobre o balanceamento dos grupos, isto é, inter homogêneos, ou se apenas procuraram encontrar grupos otimizados.

Filho et al. [62] propuseram um algoritmo que utilizava o problema de *clustering* para formação de grupos para CSCL observando aspectos socioafetivos dos alunos. No trabalho abordado pelos autores, buscaram agrupar pessoas de diferentes fatores socioafetivos no mesmo grupo, procurando obter diversidade. Apesar da contribuição, e o esclarecimento dos autores de que a diversidade era desejável, não ficou evidenciada a forma de tratamento que seria dada para que houvesse homogeneidade intergrupos.

Hubscher [87] apresentou um trabalho que buscava formar grupos observando critérios específicos de um contexto e também preferências, justificando a proposta pelo fato de que os algoritmos até então procuravam apenas formar grupos heterogêneos e estes não tratavam informações de contexto. Por isso, o autor propôs um algoritmo usando a

Busca Tabu para resolver o problema. O autor informa que o algoritmo encontrou soluções satisfatórias para o problema tratado.

Hubscher [87] propôs um algoritmo que era capaz de tratar uma variedade de características e também procurou tratar a homogeneidade intergrupos. Apesar da contribuição teórica, o trabalho proposto trata de maneira genérica as características o que pode deixar de analisar aspectos as especificidades de cada contexto, como a existência de fatores cognitivos, papéis ou funções, por exemplo.

A partir do modelo Belbin [23], baseado no papel exercido por cada membro do grupo, Yannibelli e Amandi [201] propuseram um algoritmo evolutivo de aglomeração determinística para auxiliar a formação de grupos para ambientes de aprendizagem colaborativa, considerando dois aspectos: o critério para formação dos grupos de aprendizagem e a maneira pela qual o critério é aplicado. No trabalho apresentado, os autores consideraram os papéis de cada membro da equipe e o objetivo era maximizar o balanceamento entre os papéis de cada membro.

No trabalho, elas consideraram que o grupo seria ótimo se o grupo satisfizesse o critério de seleção, isto é, se todos os membros automaticamente assumisse um dos papéis e se não houvesse sobreposição dos papéis. Exemplo: não poderia haver dois indivíduos que fossem pensadores no mesmo grupo e cada grupo deveria ter alguém para assumir um papel.

Entretanto, a questão principal da solução proposta pelas autoras está na atribuição dos papéis dos membros do grupo. Na abordagem trazida pelas autoras ocorrem ganhos de desempenho dos alunos, por conta da assimilação e melhoria da interdependência positiva bem como o fato de que cada um dos estudantes assumiria um papel e individualmente seria responsável pelo exercício das atribuições daquele papel. O fato de que não poderia haver sobreposição de papéis nos leva a crer que os grupos formados seriam heterogêneos quanto ao papel dos alunos. Não obstante a contribuição das autoras, não ficou claramente evidenciada a maneira a qual as autoras trataram a homogeneidade intergrupos, o que pode fazer com que haja uma diferença de qualidade quando comparados um grupo e outro.

Neste sentido, Moreno et al. [127] propuseram um algoritmo genético para selecionar grupos de estudantes em ambientes de aprendizagem colaborativa, para obter grupos com características similares entre si (inter-homogêneos) e elevar as diferenças individuais entre os estudantes em cada grupo (intra heterogêneos). Os autores levaram em consideração três características fundamentais: estimativa da habilidade de comunicação, conhecimento e liderança. Para validar o estudo, eles aplicaram o método em estudantes calouros na Universidade de Medelin, tendo sido usadas duas estratégias para comparação: aleatória e auto organizada. Segundo os autores, a principal característica visualizada em cada estratégia é que na primeira permite maior heterogeneidade entre os membros do

grupo. Na segunda permite maior empatia entre os estudantes.

No trabalho apresentado, os autores consideraram [127] aspectos comportamentais dos indivíduos, como habilidade de comunicação, liderança, bem como o conhecimento sobre o assunto. Contudo, os autores contemplavam apenas aspectos comportamentais dos alunos e concluíram que algoritmos genéticos podem tratar qualquer tipo de problema do ponto de vista de análise combinatória.

Nesta mesma linha, Abnar et al. [2] também propuseram um algoritmo genético capaz de tratar uma quantidade variável de restrições. O algoritmo proposto por Abnar formava tanto grupos homogêneos quanto heterogêneos. Na pesquisa ela compara a formação de grupos com o resultados gerados aleatoriamente e conclui que o algoritmo genético obtêm resultados 30% superiores.

Não obstante a contribuição dos trabalhos apresentados por Moreno et al. e Abnar et al., o estudo conduzido por Mihobou [57] sobre algoritmos genéticos híbridos demonstra que a qualidade das soluções alcançadas pelo algoritmo genético pode ser melhorada se combinada com um método de busca local.

Essa melhora se deve ao fato de que ao realizar uma busca local, após o algoritmo genético vasculhar as regiões de busca, leva a solução à convergir para um ótimo local de qualidade superior, porque ele verifica se na vizinhança há soluções melhores. Por isso, propomos nesta abordagem a utilização de algoritmo genético híbrido para tratar o problema da formação de grupos.

Apesar da notória importância da aprendizagem colaborativa e as pesquisas desenvolvidas sobre a utilização dela como estratégia de aprendizado, a aplicação desta estratégia tem ficado restrita aos ambientes educacionais, deixando uma lacuna no que diz respeito à aplicação em ambiente corporativo para criação do conhecimento.

Uma pesquisa foi realizada nas bases da Sciencedirect, ACM e IEEE, bem como no Google, utilizando os termos CSCL business, CSCL@Work, CSCL Enterprise, CSCL Corporative. A pesquisa resultou em poucas referências encontradas, o que indica que se trata de uma área nova de estudo. Dentre as referências encontradas, observa-se nos trabalhos recentes que esforços estão concentrados no sentido de demonstrar a importância de se constituir o CSCL@Work como novo campo de pesquisa [63, 66].

Segundo Goggins, uma das principais razões para a instituição do CSCL@Work como novo campo de pesquisa está na aplicação do CSCL e CSCL@Work, onde muitas das vezes a aprendizagem no ambiente de trabalho está focada na aprendizagem como a atividade primária. Entretanto, o CSCL@Work considera também o fato de que a aprendizagem proporciona aos funcionários acesso tempestivo à informação para a realização de trabalho diários, respeitando os objetivos de negócio [66].

A partir desta ideia está sendo proposta uma abordagem de pesquisa nova: a CSCL@Work. A Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador no Trabalho -

CSCL@Work - trata do conhecimento obtido pelos pesquisadores no CSCL, que está voltado à aprendizagem, aplicado à um ambiente de aprendizagem corporativo[67]; ou seja, a criação de conhecimento dentro das organizações. Em se tratando de ambientes corporativos, existem duas características importantes para os trabalhos realizados em equipe e que devem ser considerados na formação dos grupos para implementação do CSCL@Work: os papéis preferidos e as funções.

O papel de cada funcionário no grupo é importante para o desenvolvimento dos trabalhos. A investigação conduzida por Mudrack e Farrell [128] constatou que os papéis ajudam a promover a responsabilidade individual e a coesão do grupo. Além disso, eles também contribuem para o fortalecimento da interdependência positiva dos membros[182]. Estes fatores são fundamentais para o desenvolvimento dos trabalhos colaborativos [64, 178, 92].

Outro aspecto importante está na diversidade funcional. Esta diversidade existe em todos os tipos de organizações. A partir desta diversidade coleta-se pontos de vistas diferentes, pois funcionários que atuam em diferentes funções podem compartilhar suas ideias com os colegas através da interação. Corrobora a descoberta de Janis [88] que constatou que se um grupo possui membros com pontos de vista parecidos, as decisões acontecem com maior facilidade, porém a qualidade das decisões pode ser prejudicada, pois diferentes opiniões, perspectivas e métodos deixam de ser analisados por não serem apresentados face a homogeneidade do ponto de vista dos componentes do grupo. Portanto, é importante tratar esta diversidade na formação dos grupos.

Entretanto, questões relativas a papéis e funções não devem ser tratadas de maneira estática. Os papéis por causa da diversidade e preferência individual. As funções por conta das diferentes configurações que existem nas organizações. Por isso, tendo sido conduzida uma investigação sobre como os papéis são atribuídos aos membros dentro de um grupo.

Quanto à atribuição, os papéis podem ser emergentes ou pré-definidos. Hoadley [83] apresentou uma pesquisa que buscou delinear as diferenças entre papéis emergentes e papéis pré-definidos. Os papéis emergentes são aqueles que surgem naturalmente dos alunos. Os papéis predefinidos geralmente são atribuídos aos alunos através de scripts de colaboração. Apoiado na pesquisa de Dillenbourg [50], [83] ele alertou para os potenciais riscos de preestabelecer os papéis dos alunos, pois a colaboração emerge naturalmente em CSCL.

Por isso, é importante trabalhar com papéis emergentes que sejam identificados antes da formação do grupo. Para isso, o modelo de Belbin [22] foi adotado, que defende que os papéis surgem naturalmente entre os membros, a partir das necessidades dos grupo e conforme o comportamento e preferência de cada um dos membros, sem que hajam predefinições. Esta abordagem remete à ideia dos grupos onde os papéis emergem, porém

de maneira mais elaborada, pois esse surgimento natural recebe a colaboração de um estudo sistemático que identifica o papel preferido de cada membro do grupo.

Apesar de considerados, os papéis preferidos podem ser agrupados aleatoriamente. Por isso, é necessário certificar-se que as pessoas estão alocadas nos grupos certos, o que faz com que a análise de conteúdo de cada um dos papéis de Belbin seja analisado e agrupado em três categorias: Liderança, Criatividade e Apoio.

A existência do perfil de liderança é reforçada pelo fato de que dentro das organizações sempre há com pessoas exercendo papéis de liderança. No entanto, para falar sobre esse assunto, é necessário remeter a aspectos sociológicos, antropológicos e até culturais os quais a sociedade está inserida [193].

Desde as formas mais primitivas de organização em grupos, como clãs e até famílias, sempre houve a necessidade de líder. Essa necessidade deu forma aos agrupamentos que originaram nações, feudos, estados, etnias. Na idade média, famílias e clãs se agrupavam sob a liderança do senhor feudal. Por sua vez, os diversos feudos se agrupavam sob a égide do rei.

Desse modo, observando os grupos em CSCL sob a ótica sociológica, como uma forma de sociedade, é fundamental que os grupos possuam um indivíduo com tendência natural a exercer papel de liderança com o intuito, sobretudo, de coordenar os trabalhos do grupo. De acordo com Shaw et al, a efetividade do desempenho do grupo depende de dois fatores e um deles é o tratamento dado a coordenação dos trabalhos realizados pelo grupo [174].

A principal característica promovida pela existência de liderança está na coesão do grupo. A coesão é a propriedade que o grupo tem de se manter unido em busca da meta estabelecida. A coordenação do grupo pode ser afetada pela coesão e senso de responsabilidade do grupo e esta última é diretamente proporcional ao desempenho do grupo; ou seja, um senso de responsabilidade maior pode aumentar o desempenho do grupo [182].

Além disso, outro papel merece ser destacado: os papéis de criatividade no grupo. A criatividade é importante na criação do conhecimento. Quando ocorre uma descoberta ou um membro tem uma ideia, esta ideia é amplificada ao longo do tempo no grupo e avaliada [10], sendo ampliada aquela que acrescenta valor e descartada a de menor valor.

Em se tratando de contexto corporativo, o potencial de sugerir ideias é importante para alimentar a espiral de criação do conhecimento defendida por Nonaka [134] pois ela pode originar a antítese, fortalecer a dialética no grupo.

Além da importância de papéis, características funcionais são importantes fontes de diversidade dos grupos. A pesquisa conduzida por Aggarwal constatou que grupos com diversidade funcional apresentam melhor desempenho ao longo do tempo do que

os grupos com menor ou sem diversidade [4]. No contexto corporativo. A diversidade funcional foi apontada como responsável pelo aumento da inovação, desenvolvimento de estratégias claras e respostas rápidas a mudanças [33, 99].

Para preencher a lacuna de pesquisas sobre aplicação de CSCL no ambiente de trabalho, é apresentado neste trabalho uma contribuição na área de CSCL@Work, ao propor um modelo para formação de grupos para CSCL aplicado no contexto corporativo, ou seja CSCL@Work. O modelo proposto considera aspectos relativos à diversidade funcional dicotômica que foi identificada no Tribunal de Justiça de Goiás. Além disso, esta diversidade é inerente ao ambiente de trabalho, portanto uma contribuição original que ainda não foi abordada na literatura.

Após a proposição de um modelo, uma análise de conteúdo que versava sobre o modo de operação do Tribunal de Justiça foi feita. Esta análise incluiu as atribuições de cada um dos funcionários, observação de comportamento, localização geográfica onde o indivíduo trabalhava, análise do regimento entre outras. A partir desta análise, foi feita a identificação e categorização de cada um dos perfis dos indivíduos analisados. Após esta categorização, uma taxonomia para cada uma das 4 características funcionais encontradas foi criada. Além disso, grupos devem observassem os papéis preferidos pelos funcionários da organização, que foram classificados em papéis de liderança, criatividade e apoio.

A partir deste modelo e da classificação dos papéis preferidos, algoritmos foram desenvolvidos para formação de grupos observando três perspectivas: papéis, funções e dicotomias. O modelo Belbin [22] foi adotado e ele apresenta nove papéis. Dos nove papéis de Belbin foram criadas três categorias diferentes: liderança, criatividade e apoio. Por outro lado, foram identificados quatro aspectos sobre os papéis funcionais distintos e cuja segregação aparenta dicotômica: vínculo institucional, assimetria da informação, responsabilidade de gestor e controlador e competências centrais e não centrais. Estas dicotomias foram estabelecidas com base na teoria da criação do conhecimento organizacional de Nonaka [134].

Para obtenção de resultados mensuráveis, foram desenvolvidos três algoritmos: o primeiro se trata de um algoritmo gerador aleatório de grupos; o segundo de um algoritmo genético canônico e o terceiro um algoritmo genético híbrido. Todos eles buscam formar grupos em que os alunos sejam heterogêneos entre si, ou seja, diversidade de funções e de papéis. Porém, se em uma ambiente de aprendizagem, o objetivo for formar grupos mais heterogêneos possíveis haveria grupos muito bons e grupos fracos na mesma sala de aula, de modo que o grupo bom teria bom desempenho e o fraco desempenho ruim. Para combater esse problema, além da heterogeneidade interna, os grupos devem ser homogêneos entre si, ou seja, um grupo não pode ser muito melhor do que o outro.

Mais uma contribuição deste trabalho reside neste ponto: fornecer algoritmos que formem grupos intra heterogêneos a partir da diversidade de funções e papéis e inter-

homogêneos entre si, para que os alunos possam construir o conhecimento em ambiente de trabalho utilizando-se das técnicas de formação de grupos para CSCL em uma nova área de conhecimento denominada CSCL@Work.

Os resultados obtidos a partir da execução do três algoritmos apontou que o algoritmo genético híbrido alcança resultados superiores ao algoritmo genético e método aleatório, o que deixou evidenciado que o algoritmo genético é boa alternativa para formar grupos que consideram funções e os papéis. Além disso, foi observado é que quanto maior a restrição, isto é, a dificuldade do problema, melhor o algoritmo genético se comporta, trazendo soluções melhores.

Este trabalho foi estruturado da seguinte maneira: capítulo 2 (dois) trata os fundamentos teóricos e os conhecimentos que serviram de fundamento para a propositura do trabalho, o capítulo 3 (três) apresenta a descrição do problema abordado e a modelagem utilizada, o capítulo 4 (quatro) mostra os resultados alcançados e a discussão e o capítulo 5 (cinco) traz a conclusão e os trabalhos futuros.

Fundamentação Teórica

De fato, pesquisadores estão cada vez mais convencidos de que o conhecimento e a capacidade de criá-lo são as mais importantes fontes de vantagem competitiva das organizações [131] [53] [70]. Desse modo, para que tenham vantagem competitiva, as organizações devem viabilizar os processos de inovação através do fornecimento dos meios necessários para promover o aprendizado organizacional. Portanto, é preciso que as organizações criem um contexto favorável para a criação e disseminação do conhecimento [135].

De acordo com Teece [186], a vantagem competitiva das empresas depende da sua capacidade de criar, transferir, utilizar e proteger o conhecimento. A globalização fez com que o conhecimento passasse a ser a base da vantagem competitiva. As organizações passam por um período em que o valor de mercado de muitas delas é superior ao valor contábil. O cerne desta diferença está nas pessoas que ali trabalham. Isso porque estes indivíduos reúnem habilidades, *know-how*, relacionamento com fornecedores e contatos de clientes, elementos que trabalham em sinergia para agregar valor e gerar riqueza para a organização [9].

Mais evidências deste cenário são encontradas quando analisa-se o trabalho de Kaplan e Norton [100], que desenvolveram um modelo para análise de indicadores que permite às organizações medirem o progresso que tem alcançado em direção ao alcance de uma determinada meta. Este modelo recebeu o nome de *Balanced Scorecard* e contemplou uma perspectiva denominada Aprendizagem e Crescimento, que buscava responder à questão: Para alcance da visão, como manter nossa habilidade para mudar e melhorar?

De fato, o trabalho de Kaplan e Norton dava os sinais de que a aprendizagem é importante para o alcance dos objetivos da organização e o conhecimento é fator crítico de produção das empresas, devendo ser medidos e acompanhados. Para lidar com estas mudanças, as organizações precisam desenvolver a capacidade de mudança, novas habilidades e atitudes, ou seja, a capacidade de aprendizagem [47]. Esta capacidade de aprendizagem é fonte de vantagem competitiva nas organizações.

2.1 A aprendizagem na organização como fonte de vantagem competitiva

Nonaka define conhecimento como uma crença justificada [134]. Conforme Nonaka preleciona [134], o conhecimento é criado apenas pelos indivíduos. Uma organização não pode criar conhecimento por si mesma, sem os indivíduos, sendo importante que a organização apoie e estimule as atividades criadoras de conhecimento dos indivíduos ou que proporcione contextos apropriados para elas.

Nonaka [134] acrescenta ainda que a criação do conhecimento na organização deve ser entendido como um processo que amplifica o conhecimento criado pelos indivíduos e o cristaliza no nível do grupo através do diálogo, discussão, compartilhar de experiência, compreensão de significados ou comunidade de prática.

A característica principal que diferencia as organizações que implementam a criação do conhecimento em seus processos organizacionais das demais organizações reside exatamente na capacidade de inovação. Esta capacidade de inovação é canalizada na forma de vantagem competitiva.

A inovação é o processo pelo qual as pessoas detentoras de conhecimento em organizações podem moldar os problemas e selecionar, integrar e aumentar a informação para criar entendimentos e respostas. É saber como selecionar, interpretar e integrar as informações em um corpo de conhecimento útil. Esta habilidade é mais valiosa para o indivíduo e organização do que simplesmente ser capaz de dar a resposta a uma pergunta ou série de perguntas [186].

De acordo com Porter [153] vantagem competitiva surge do valor que uma organização é capaz de criar para os clientes de modo que transcenda o custo da empresa para criá-lo. O autor conceitua valor como aquilo que os clientes estão dispostos a pagar, sendo que este valor pode estar relacionado ao fornecimento de benefícios únicos que mais do que compensaram o preço superior. Assim, as organizações buscam sempre desenvolver atributos que lhes sirvam como vantagem competitiva para sobressair sobre os concorrentes, proporcionando o aumento das oportunidades.

De fato as organizações buscam aumentar as oportunidades de negócio e reduzir as falhas, como aquelas relacionadas à tomada de decisão, havendo diferenças significativas entre as organizações tradicionais e as que criam conhecimento. Nas organizações tradicionais há maior probabilidade de ocorrência de falhas nas decisões do que propriamente perdas de oportunidade, o que leva estas organizações a se tornarem cada vez mais cautelosas e burocráticas, aumentando a quantidade de falhas e perdas de oportunidades [89].

Diferentemente das organizações tradicionais, organizações que criam conhecimento necessitam de um ambiente favorável ao descobrimento e exploração de novas

oportunidades, de modo a reduzir as perdas destas oportunidades. Consequentemente, em organizações voltadas ao conhecimento, falhas nas explorações podem acontecer sem comprometer a organização, inclusive falhas na tomada de decisão. Isto implica tolerância a um certo grau de caos [89], o que permite simular possíveis situações futuras, face a previsibilidade do impacto.

A partir do entendimento da importância do conhecimento como fonte de vantagem competitiva, diversos pesquisadores têm trabalhado para desenvolver ferramentas computacionais que auxiliam os trabalhos de criação do conhecimento organizacional, tendo havido maior exploração do potencial para criação do conhecimento pelo CSCL.

Além disso, percebeu-se que a combinação entre tecnologia de informação e processos organizacionais poderia melhorar significativamente aprendizagem e vantagem competitiva, desde que com sinergia. Isso possivelmente ajuda a tornar a organização mais inovadora e mais produtiva [186].

Uma vez que a inovação é um processo social que envolve diversos atores, cada vez mais se tem necessidade por tecnologia de informação e comunicação (TIC) para apoiar interações responsáveis pelo compartilhamento de conhecimentos entre os atores, de modo a aumentar a possibilidade de criação de novos conhecimentos [3]. Desse modo, como o conhecimento e transmissão da informação para compartilhamento do conhecimento são fatores determinantes para o sucesso da inovação e desenvolvimento de novos produtos e processos [32] [189], o suporte tecnológico tornou-se fundamental para aumentar a eficácia, efetividade, e, consequentemente, o papel deles como fonte de vantagem competitiva [205].

No entanto, ainda é preciso entender como o conhecimento é criado. É sabido que processo de criação do conhecimento é complexo [132] [78]. De acordo com o Takeuchi e Nonaka [183], a criação do conhecimento é feita através do choque de ideias aparentemente opostas aos modelos existentes, chamados de paradoxos. Os paradoxos apresentados são os elementos chave da criação do conhecimento, o qual é formado pelo conhecimento tácito e explícito através da dialética.

2.2 A criação do conhecimento através da dialética

Segundo Takeuchi e Nonaka [183], o conhecimento é formado por dois componentes dicotômicos e aparentemente opostos: o conhecimento tácito e o conhecimento explícito. O conhecimento explícito é aquele que pode ser expresso e está disponível em algum tipo de mídia. Exemplo de conhecimento explícito pode ser fórmulas, gravações de áudio, livros, entre outros. Na outra ponta desta dicotomia está o conhecimento tácito, que não é facilmente visível e explicável. O conhecimento tácito está enraizado nas ações praticadas pelos indivíduos e nas experiências dos mesmos ao longo do tempo.

Ainda de acordo com Takeuchi e Nonaka [183] o conhecimento tácito possui duas dimensões, a primeira delas está relacionada às habilidades informais e de difícil detecção e é denominada dimensão técnica. A segunda dimensão, denominada dimensão cognitiva, está relacionada às crenças, percepções, valores, emoções. Apesar da difícil articulação, esta dimensão do conhecimento tácito é responsável por dar forma ao modo pelo qual as coisas são percebidas, ou seja, a própria concepção do conhecimento.

A partir desta concepção do conhecimento, Takeuchi e Nonaka [183] arguíram que a maneira pela qual as organizações criam o conhecimento é semelhante ao raciocínio dialético, isto é, dinamicamente a partir da síntese de visões que aparentam ser opostas. Takeuchi e Nonaka [183] explicam esse axioma estabelecendo o ponto inicial da criação do conhecimento como a criação de uma tese. A tese é um conhecimento assumido como verdade e aceito por todos. A partir desta tese, são arguidas ideias aparentemente opostas, denominadas antítese, e o confronto entre tese e antítese, resulta na síntese. Com o passar do tempo, a síntese dá forma a uma nova tese e ao surgirem opostos se cria uma nova antítese e assim o conhecimento vai sendo criado em um processo denominado pelo autor como “espiral do conhecimento”.

Conforme a teoria de Takeuchi [183], onde apresenta que o conhecimento é criado a partir da desarmonia de ideias aparentemente opostas, o que sugere que a diversidade do grupo como importante fator para potencializar a criação de conhecimento em grupos de indivíduos. A questão da diversidade tem sido amplamente difundida e defendida por diversos pesquisadores, sobretudo no que trata a aprendizagem colaborativa apoiada por computador CSCL. Para formação de grupos para CSCL, as mais diversas perspectivas têm sido abordadas como critério de diversidade e fazendo uso dos mais diferentes modelos, como por exemplo, os estilos de aprendizagem [60], modelos cognitivos [104], papéis [22], entre outros. Desse modo, observa-se que é necessário que haja diversidade nos trabalhos em grupo, pois estes são vistos como fontes de conhecimento e as interações entre eles são capazes de gerar novos conhecimentos.

A importância do envolvimento de diversas fontes de conhecimento no processo de desenvolvimento de um produto inovador tem sido bastante enfatizado na literatura [3]. Estudos [133] realizados tem apontado que equipes multifuncionais, com diversas origens ocupacionais e intelectuais, aumentam a possibilidade de combinar conhecimento. Nessas equipes, a quantidade e variedade de informação disponível para os membros é aumentada, o que permite que sejam propostas e conseqüentemente avaliadas diferentes alternativas a partir de um número de diferentes perspectivas [32]. Além disso, nas organizações modernas e distribuídas em diferentes localidades geográficas, essas equipes não são apenas funcionalmente diversas. Usuários e parceiros de lugares remotos podem precisar participar do processo de inovação [3]. Outros autores enfatizaram o papel fundamental da TI como habilitador para a formação de grupos para fomentar o processo de

inovação [155] [101] [156].

No entanto, a informação organizada não pode substituir o conhecimento tácito, a compreensão e a aprendizagem, que são os recursos mais importantes do processo de inovação, mas pode melhorá-los de forma significativa, ajudando a preencher as lacunas de conhecimento existentes [3]. Além disso, Smith [179] argumentou que o conhecimento tácito não pode ser compartilhado eletronicamente.

Nesta seara, uma linguagem figurativa importante no processo de criação do conhecimento é a metáfora. A metáfora é um modelo diferenciado de percepção. Trata-se de uma maneira de fazer com que indivíduos habituados a diferentes contextos e com experiência distintas compreendam algo intuitivamente através da imaginação ou símbolos, sem que para isso façam uso de análises ou generalizações [132].

Através das metáforas essas pessoas com conhecimentos e experiências diferentes juntam aquilo que sabem em uma nova forma de conhecimento. O alcance desse conhecimento está na diversidade das equipes, onde este trabalho procura relacionar pessoas com características não apenas diferentes, mas que aparentam ser dicotômicas para fornecer um rico contexto para criar conhecimento.

De acordo com Lazerson e Wagner [109], o CSCL é um processo complexo que busca explorar as tensões entre os participantes os quais um determinado conhecimento seja familiar ou estranho para construir um conhecimento consolidado. Esse modo de criação de conhecimento faz com que aquilo que inicialmente seja estranho para o indivíduo se torne familiar a medida que o conhecimento é construído [31], em um processo conhecido como dependência mútua do conhecimento alheio. Essa dependência reforça o elemento interdependência positiva que constitui fator chave de sucesso para o CSCL [93, 94].

Assim, os esforços no sentido de promover a difusão do conhecimento dentro da organização vão ao encontro do alcance de diferenciais competitivos. Nesta senda, propomos a utilização de mecanismos que exploram a dicotomia da criação do conhecimento e potencializam o aprendizado dos indivíduos na organização.

2.3 O emprego do CSCW e CSCL como ferramentas para criação do conhecimento

O CSCL pode ser visto como uma forma de ensino *online* que surgiu há algum tempo, abordando as mudanças atuais nos conceitos educacionais e a relação destas mudanças com as práticas de trabalho. Alguns sugerem que o CSCL é resultado da compilação de duas importantes correntes. A primeira delas é a Comunicação Mediada

por Computador (CMC) que é usada na aprendizagem colaborativa. A segunda corrente na Aprendizagem Colaborativa facilitada pela comunicação via internet [161].

Por outro lado, Palmer [141] nos ensina que o Computer Supported Cooperative Work (CSCW) se refere a pessoas trabalhando juntas em um produto, área de pesquisa, tópico ou trabalho escolar com a ajuda de computadores. O foco do CSCW está em como o computador pode auxiliar o desenvolvimento de trabalhos em grupo [162].

No entanto, a pesquisa conduzida por Barnatt [16] apontou que o desenvolvimento do trabalho cooperativo auxiliado por computador está intimamente ligado aos desenvolvimentos ocorridos no CSCL. Pea [145], por meio de estudos realizados, confirmou a existência de sobreposição dos campos do CSCL e CSCW. Em razão desta sobreposição, os processos do CSCL podem ser propostos em ambientes profissionais, onde se aplica o CSCW.

O advento de computadores pessoais poderosos e de baixo custo asseguraram a disponibilidade de sistemas de informação baseados em computadores e ferramentas para auxiliarem os usuários a executarem as tarefas inerentes à sua atividade profissional [162]. Esta disponibilidade fez surgir o CSCW, em resposta às aplicações tipicamente monousuárias utilizadas na década de 80, tais como planilhas e editores de texto. O surgimento da internet tornou o cenário favorável ao uso de ferramentas de computador que facilitassem o trabalho em pequenos grupos, denominados *groupware*. De acordo com Grudin, [72] o interesse comercial para desenvolvimento dessas ferramentas se tornaram interessantes no ponto de vista comercial, sobretudo por empresas de telecomunicações, pelo fato de criarem demanda por comunicação banda larga.

O fato dos computadores estarem interconectados em rede tornou as aplicações para pequenos grupos um mercado em potencial, atraindo diversos desenvolvedores de *software*. Além disso, as aplicações existentes até o momento não tratavam os aspectos de percepção e cognitivos, tampouco questões inerentes ao local de trabalho. Estas questões não eram exigidas, em razão de que o trabalho era tipicamente monousuário. Esta realidade mudou a partir do surgimento do CSCW, onde aspectos sociais, políticos e motivacionais passaram a ser importantes [72].

Além do desenvolvimento dos trabalhos, o potencial das ferramentas para apoiar trabalhos em grupo deve ser aproveitado no contexto de criação de conhecimento. De acordo com Paavola e Lipponen, [140] uma área chave que está sobreposta nas comunidades do conhecimento inovador é a metáfora da criação do conhecimento. Esta sobreposição é evidenciada tanto no contexto de aprendizagem quanto no contexto de trabalho. Corroborar essa assertiva os estudos de Nonaka [132] que constatou que as comunidades de interações contribuem para a ampliação e desenvolvimento do conhecimento.

Um aspecto importante para criação do conhecimento é a interação entre os membros das equipes. No ambiente de trabalho, Buderson e Sutcliffe [33] observaram que

as equipes compostas por especialistas de diferentes áreas funcionais podem ser incapazes de explorar as diversas especialidades deles por causa da comunicação multifuncional e problemas de coordenação.

Além disso, o estudo conduzido por Parker, citado por Oravec [138], apontou que a maioria dos gestores ou líderes que formam equipes se concentram para obter equipes com diversidade técnica e negligenciam a necessidade de balancear os estilos dos membros das equipes, provocando prejuízos na interação entre os membros.

Este balanceamento de estilos inclui o balanceamento de papéis, estilos cognitivos ou funções. Segundo Kurtzberg [108], a criatividade de membros da equipe em uma determinada área onde haja diversidade cognitiva pode ser benéfica e ao mesmo tempo problemática. Isso se deve ao fato de que, por um lado, a diversidade pode potencializar a criatividade e por outro promove conflitos e desestimula a comunicação [74] e pode aumentar os conflitos e reduzir o desempenho das equipes [144].

Pelo que se observa, a diversidade é ao mesmo tempo benéfica e problemática, o que fez com que pesquisas fossem feitas no sentido de reduzir os efeitos problemáticos provocados pela diversidade da equipe e, conseqüentemente, melhorar o desempenho do trabalho em grupo. Nesse sentido, apesar do foco na diversidade, Terraciano et al. [187] constataram que as crenças dos indivíduos sobre características de personalidade de outras culturas, ao invés da sua própria cultura, são invariavelmente estereótipos imprecisos que não se alinham com as características reais quando avaliadas objetivamente. Há mais similaridades que diferenças entre as culturas [161].

A questão que merece especial atenção sobre a diversidade dos membros dos grupos se encontra nas diferenças que são introduzidas no contexto da colaboração e que, às vezes, se tornam barreiras para interações, conseqüentemente afetando negativamente a produtividade do grupo. De acordo com [52] Downing e Chim, ambientes *online* facilitam a interação entre os membros das equipes onde existe diversidade.

No entanto, uma questão importante que foi abordada na pesquisa de Roberts [161] foi a classificação das diferenças de acordo com a relevância. Por isso, as diferenças superficiais e diferenças profundas devem ser separadas. A primeira trata de aspectos mais leves, como diferenças de idade, cor da pele e gênero. Já o segundo versa sobre atitudes, características psicológicas, personalidades, entre outros.

Desse modo, há uma gradação das diferenças no que tange o impacto às atividades exercidas no grupo. A redução dessas diferenças é importante, sobretudo as que dizem respeito a introversão e extroversão. A pesquisa conduzida por [26] Bertucci et al. confirmaram que os aspectos de introversão e extroversão são importantes para o CSCL e que ¹s fatores como idade não são.

¹outro

Diante disso, foram promovidas amplas investigações sobre formas para reduzir estas diferenças. Pesquisadores constatam que os ambientes virtuais ajudam a reduzir as consequências negativas provocadas pelas diferenças entre os membros dos grupos, sejam estas diferenças de nacionalidade, habilidade, gênero ou idade [169] [105].

Os estudos de Chidambaram e Carte [40] concluíram que a tecnologia colaborativa pode reduzir as diferenças entre os membros do grupo provocadas pela diversidade. Jarvenpaa e Leidner [90] constataram que a diversidade cultural é insignificante para determinar o nível de confiança dos membros da equipe. A explicação pode ser pelo fato de que grupos *ad hoc* pertencem a culturas heterogêneas e não compartilham as mesmas histórias e valores. Isso faz com que as diferenças de *status* sejam mínimas e a pressão por uniformidade juntamente com a apreensão por evolução sejam menos prováveis de ocorrer [7].

Apesar destes avanços e do aumento da sensibilidade computacional dos ambientes virtuais, novas questões continuarão surgindo para incrementar a dificuldade em otimizar equipes [76] [90] [144]. Outra questão observada está no reconhecimento de que a associação dos resultados da diversidade funcional e desempenho das equipes é complexa [79].

Por isso, novos estudos tem sido realizados sobre a diversidade no agrupamento dos indivíduos com vista a maximizar o desempenho e os resultados, assim como as maneiras de agrupar estes indivíduos. Essas pesquisas tratam, sobretudo do esforço em transformar aspectos aparentemente dicotômicos em vantagens educacionais.

2.4 A transformação da dicotomia em vantagem para criação do conhecimento

Sem dúvida, conhecimento é fonte de vantagem competitiva. O conhecimento é um ativo, geralmente não contabilizável; e está amplamente distribuído. Ele pode deixar uma organização e de repente surgir na organização concorrente [9].

Além disso, funcionários podem possuir um determinado conhecimento, mas a organização não foi, não pode e não vai se beneficiar desse conhecimento, sem que haja uma estrutura adequada para melhorar e apoiar este conhecimento [9].

Durante a transição de estudante para profissional no mercado de trabalho, o indivíduo cujo processo de aprendizagem ocorreu com alinhamento entre as abordagens educacionais e as práticas de seu ambiente de trabalho possuem vantagem em relação aos demais [28, 25, 179]. Os estudantes que tiveram uma abordagem educacional baseada na colaboração podem trazer para o ambiente de trabalho os conceitos genéricos que foram utilizados na aprendizagem [118].

Cientes disso, Robbins e Finley [159] sugeriram que as distinções entre trabalho e aprendizagem jamais constituíram um hiato. De fato, a integração entre a aprendizagem e o ambiente de trabalho são vistas como uma forma de lidar com a complexidade em uma sociedade cada vez mais sedenta por conhecimento [129].

De acordo com Oliver e Omari [137] as formas de atividade que asseguram condições suficientes para a efetiva aprendizagem na universidade são aquelas que promovem o mais elevado nível de interatividade e engajamento entre as pessoas além de amplificar um ambiente motivador, edificada em uma base de conhecimento bem estruturada. Estas formas de atividade são sugeridas com maior frequência, incluem condições e tarefas que dizem respeito a problemas do mundo real, tais como análise e negociação das soluções para os problemas. Além disso, possibilitam uma comunicação livre e aberta entre alunos e professores [137].

Cada vez mais os educadores tem reconhecido a necessidade de praticarem em ambientes próximos aos que os alunos vivenciarão no mundo profissional, o que fez surgir ambientes de negócios virtuais. Quando há a necessidade de uma prática em um ambiente real, mas não é possível que os alunos usufruam deste ambiente, a melhor alternativa é criar uma simulação do mundo real, para promover as habilidades específicas dos alunos em ambientes do mundo real [161].

Além dos negócios virtuais, também apoiados por computadores, tem sido observado o crescimento do uso de equipes virtuais. Powell et al. [8] definem equipes virtuais como grupos de pessoas geograficamente, organizacionalmente e/ou temporalmente dispersados e agrupados através de tecnologia da informação e telecomunicações para realizar uma ou mais tarefas na organização [90].

Equipes virtuais representam uma resposta à necessidade crescente de rapidez para colocação de produtos no mercado (*time-to-market*) a um custo baixo, bem como o fornecimento de soluções rápidas para os problemas vivenciados pelas organizações. As equipes virtuais permitem que as organizações reúnam os talentos e conhecimentos dos funcionários e também daqueles que não são funcionários, superando as duas principais barreiras que por muito tempo atrapalharam esse tipo de interação: tempo e espaço [54].

O desenvolvimento dos meios eletrônicos e comunicação tornaram os trabalhos em ambientes distribuídos mais fáceis, rápidos e eficientes. Em resposta ao aumento desta descentralização e globalização dos processos de trabalho, diversas organizações inovaram ao introduzir em seus ambientes equipes virtuais cujos membros colaboram entre si utilizando tecnologias para comunicação para o alcance das metas comuns [54].

De fato os avanços vistos no setor de tecnologia da informação tem servido para alavancar o potencial dos trabalhos em grupos, superando barreiras como a distância geográfica, culturais e também o tempo. Essa mesma tecnologia também colabora para desenvolvimento de trabalhos do CSCW.

Consequentemente, a tecnologia que torna a distância geográfica e o tempo transparente para a interação entre as pessoas pode impulsionar o avanço da aprendizagem colaborativa dentro da organização, criando um contexto favorável para o surgimento do conhecimento dos funcionários e o natural compartilhamento deste conhecimento.

2.5 O conhecimento emergente da organização

As organizações podem ser vistas como uma forma híbrida de trabalho, compostas por um compêndio de ideias e conversações [161]. Ao defender este ponto de vista, o autor estabelece uma correspondência entre os processos do CSCL e os do CSCW, arguindo que estes processos estão intimamente interligados e possuem atividades em comum. Um exemplo dessas atividades está na metáfora da criação do conhecimento.

De acordo com McMAster [113], é importante considerar a organização como um fenômeno que surgiu a partir da rede de comunicação e é fundamentalmente composta de conversações. Sarker et al. [170] concluíram que as conversações servem de veículo através do qual os trabalhadores descobrem o que eles sabem, compartilham este conhecimento com os colegas, e, ainda, criam conhecimento para a organização.

A assertiva de Sarker reforça o trabalho de Nonaka [135], que ensina que a socialização é um processo de compartilhamento de experiências e criação de conhecimento tácito e a chave para a aquisição de conhecimento tácito está na experiência. Sem que alguma forma de experiência seja compartilhada, dificilmente um indivíduo irá se projetar no raciocínio do outro. Isso demonstra que transferir informação sem que estejam nela inseridas os aspectos relacionados às emoções e contextos específicos faz com que haja pouco sentido na informação.

Alguns autores tem defendido que as ideias dos estudantes, informações, conclusões, teorias e opiniões são diferentes [95, 183]. Além disso, para Johnson e Jonhson, o valor agregado pela existência de dialética nos processos não está propriamente na existência de uma posição contrária, mas a forma de pensamento que esta controvérsia induz.

Johnson e Johnson [95] acreditam que, a partir de opiniões controvertidas, a criatividade ocorre naturalmente; os educadores devem observar este fator na formação das estruturas acadêmicas e esse fator pode ser usado para melhorar a argumentação dos alunos. Wienberger e Fisher [198] procuraram desenvolver abordagens para medir a influência de scripts em processos específicos de construção do conhecimento argumentativo.

De acordo com Roberts,[161] o uso de papéis tem sido uma maneira utilizada pelos educadores para tentar desenvolver posições opostas nas equipes. Papéis tem sido usados ainda em ambientes virtuais para criar um contexto de ideias mistas.

A abordagem de papéis é interessante porque permite que alunos com diferentes níveis de conhecimento façam parte da mesma equipe, sem que haja impacto significativo

nos trabalhos, conforme observado por Valcke [191]. Apesar de que a utilização de papéis funcionais atuais pode fornecer uma medida da diversidade no grupo [115], foi constatado nas organizações que a simples adoção dele pode negligenciar a questão relacionada ao papel preferido pelo indivíduo para realizar um determinado trabalho dentro de uma equipe ou ainda a preferência de trabalho da própria equipe [22, 115].

A questão principal que deve ser explorada para transformação das diferenças em vantagens está na dificuldade em manter o envolvimento das pessoas nos trabalhos em grupo. Portanto, considerar os papéis funcionais e os papéis preferidos pelos funcionários para realização das atividades do CSCL em grupos constitui importante fonte para potencializar o aprendizado dos funcionários e a criar o conhecimento.

A manutenção deste envolvimento dos indivíduos está relacionada à manutenção da motivação dos mesmos para realização dos trabalhos. Nesta mesma linha, Järvelä et al. [97] constataram que alunos que trabalharam em grupos com 3 (três) a 5 (cinco) pessoas relataram que preferiam metas de aprendizagem em vez de metas de desempenho. Além da motivação orientada em uma meta, vários outros fatores poderiam influenciar a motivação, como o grau de autodeterminação dos alunos [168].

Por exemplo, em uma linha de definição alunos têm uma grande liberdade autônoma e podem decidir o próprio caminho de aprendizagem, o que pode ser benéfico para alunos com motivação intrínseca [192]. Além disso, o papel restrito do professor numa rede de ensino à distância [102] [194] impede que o professor interaja de maneira semelhante à configuração face-a-face. Um professor pode fornecer diretamente instrução, *feedback* e *coaching* em um ambiente face-a-face, o que ajuda os alunos que tem necessidade de regulação externa [165]. Em um ambiente *online*, a falta de regulamentação pode limitar as respostas de alunos extrinsecamente motivados.

Portanto, o aspecto relacionado à motivação é um fator importante e deve ser considerado para formação de grupos. No caso deste estudo, considerando a relevância deste fator, foram agrupados funcionários com diferentes níveis de motivação dentro da equipe. Ryan and Deci [168] e Vallerand e Bissonnette [192] arguíram que a liberdade e autonomia para decidir a forma de aprendizagem são benéficas para a motivação dos indivíduos. Já a motivação é fator necessário para manutenção da coesão do grupo.

A coesão do grupo é um fator capaz de aumentar a estabilidade, o nível de satisfação do grupo, bem como tornar a comunicação mais eficiente dentro do grupo [64]. De acordo com Strijbos [182], a coesão do grupo e a responsabilidade correspondem dois conceitos chave na aprendizagem colaborativa: 'interdependência positiva' e 'responsabilidade individual', mencionados na seção 2.7.1. Estes conceitos chave podem ser promovidos através do estabelecimento de papéis dentro do grupo [128]. Além disso, os papéis podem estimular a consciência do desempenho global do grupo e a contribuição de cada um dos membros [128].

Do ponto de vista formal, em que os papéis são atribuídos aos membros do grupos, papéis podem ser conceituados como sendo responsabilidades ou tarefas que servem para conduzir o comportamento do indivíduo e regular a interação dentro do grupo [77]. Strijbos [182] explica que os papéis parecem ser mais relevantes quando o grupo busca alcançar uma meta compartilhada a qual exige um certo nível de divisão de tarefas, coordenação e integração das atividades individuais.

Strijbos [182] destaca claramente, no resultado do trabalho, que a pesquisa sobre papéis funcionais para CSCL requer a combinação de fontes de dados, métodos de análises e resultados. Este fato pode ser comprovado observando-se que pesquisas de CSCL, em geral, requerem combinação de diferentes indicadores, por causa da variedade de processos que são estudados simultaneamente. Estes indicadores podem ser, a título de exemplo, aprendizado, eficiência do grupo, comunicação social, entre outros; e os instrumentos usados para medir estes processos variam de acordo com a qualidade dos indicadores. Os resultados de ambos os estudos revelam que papéis funcionais estimulam a coordenação e a eficiência geral do grupo em um projeto baseado em CSCL, no caso, em uma pesquisa feita em um curso de ensino médio.

Outro fato que merece destaque no trabalho de Strijbos [182] são as comparações dos estudos feitos pelo autor que revelaram a possibilidade de diferentes valores de papéis funcionais serem adicionados no ambiente educacional, com um grau de variação controlado pelo aluno ou professor. Este fato está consignado no resultado do estudo 2, que trata de pequenos grupos de estudantes no contexto educacional controlados pelo professor e o caso apresentado no estudo 1 que trata-se de comunidades de estudantes que formam seus próprios grupos.

Enquanto que *scripts* podem especificar papéis e estimular o rodízio de papéis para promover o aprendizado, as análises de papéis emergentes completaram o contexto ao focar na maneira pela qual os alunos se estruturam e como os grupos se organizam [180]. Dentre os papéis emergentes, sem dúvida a liderança é um dos mais importantes. Na visão tradicional a liderança é descrita como sendo um processo pelo qual um indivíduo influencia atitudes e comportamentos de outros indivíduos [160, 37, 36, 195].

2.6 Papéis de liderança nos grupos

A liderança é exercida tanto em equipes virtuais, ou seja, aquelas separadas geograficamente e cuja comunicação se dá através de recursos tecnológicos, bem como equipes cujos membros trabalham face a face. No cenário tradicional de equipes que trabalham face a face, isto é, em um mesmo ambiente físico, os líderes tem uma visão geral do trabalho dos outros membros da equipe e estabelecem padrões e expectativas sobre a forma esperada de comportamento [195].

Os estudos existentes na literatura que versam sobre equipes face a face estão divididos em liderança baseada em tarefas ou liderança estática formal e baseada em relacionamentos ou liderança emergente informal [160, 124, 200]. Na liderança por tarefas os comportamentos são direcionados para realização de tarefas. Na liderança baseada em relacionamentos os comportamentos são direcionados para a promoção e manutenção da coesão, motivação e comunicação [124, 160, 200]. Esta literatura tende a examinar o quanto são proficiente os líderes individuais ao direcionarem as equipes durante a realização de tarefas e/ou promoção social [160].

A liderança formal estática ocorre quando um indivíduo é formalmente reconhecido como o líder da equipe antes da equipe começar os trabalhos. O líder informal emergente, por sua vez, é alguém que não foi formalmente reconhecido como líder da equipe, mas emerge como líder através de uma série de interações com os outros membros [206].

Uma outra forma de liderança é denominada liderança compartilhada. A liderança compartilhada é aquela exercida de forma compartilhada entre os membros do grupo, ao invés de um único membro centralizar o papel de líder [36, 160]. A pesquisa conduzida por Robert-Jr [160] ajudou a ampliar a compreensão do papel da liderança compartilhada em equipes com diversidade de raça e gênero em equipes virtuais. O autor constatou que o impacto da liderança compartilhada na identificação dos indivíduos com a equipe foi afetada pela raça ou gênero. Por outro lado, o mesmo autor apontou que apesar da liderança compartilhada aumentar a satisfação dos membros da equipe ela reduz o desempenho da equipe.

Outra forma de liderança é a transformacional que ajuda os seguidores a alcançar níveis mais altos de desempenho através da renúncia dos membros do grupo aos interesses pessoais em busca de atender os interesses coletivos e inspirar níveis elevados de compromisso com a visão e missão comum [85][173]. A liderança transformacional encoraja o desenvolvimento humano e a interação assim como promove a motivação e resultados coletivos [12, 18, 202]. O fortalecimento do grupo envolve capacitar membros através da melhoria da eficiência, crenças e motivação de cada um deles [42]. A coesão se refere ao grau pelo qual os membros do grupo são atraídos e motivados a permanecer no grupo [203]. A efetividade coletiva se refere ao compartilhamento de percepções sobre o quanto o grupo é capaz de realizar uma determinada tarefa [13].

Bass and Avolio [19] identificaram quatro comportamentos únicos e inter-relacionados de liderança transformacional: influência idealizada a partir da modelagem carismática do papel, motivação inspiradora capaz de articular uma visão atraente e / ou sugestivo, estímulo intelectual através da promoção da criatividade e inovação e avaliação individualizada por *coaching* ou *mentoring*.

Vários estudos empíricos e teóricos constataram que a liderança transformacional apresenta estes 4 componentes para realizar os valores e regras dos seus seguidores,

promover as mudanças organizacionais e pessoais e ajudar os seguidores a transcender as expectativas iniciais [85, 86, 98].

No entanto, embora evidenciada a importância da liderança sob as mais diversas facetas que ela se apresenta, o aspecto que de fato interessa neste trabalho é o papel natural de líder que é exercido por um membro do grupo e a forma natural pela qual esse papel emerge, formando grupos de alunos em que haja ao menos um indivíduo capaz de exercer naturalmente o papel de líder. Por isso, este trabalho adota o modelo de Belbin [22] para identificar os indivíduos que tendem a exercer naturalmente o papel de líder dentro dos grupos. Os papéis de liderança no modelo de Belbin são o Articulador e o Coordenador.

De acordo com Belbin [22], a diferença básica entre o coordenador e o articulador está no comportamento deles dentro da equipe. O coordenador atua de modo semelhante à um maestro em uma orquestra e busca estimular a equipe para desempenhar os papéis. Por outro lado, o articulador remete à ideia do ditador. Isso se deve ao fato de que o articulador é um líder determinado à alcançar seus objetivos e está disposto a remover de seu caminho tudo aquilo que possa dificultar sua escalada. Devido à este comportamento, geralmente ele não é bem visto nas organizações e quando deixam as equipes os relacionamentos entre os membros das equipes costumam melhorar, apesar do impacto à organização.

Estes dois papéis devem ser identificados e os grupos devem ser configurados de forma que estes indivíduos atuem em equipes diferentes. Equipes que contém indivíduos com papel de liderança trabalham melhor que equipes que não possuem este papel preenchido. A conclusão específica do experimento conduzido por Henry é que as equipes que possuem um único líder trabalham melhor que equipes que não possuem líder ou que possuem mais de um indivíduo no papel de líder [82].

Além disso, há também a questão relacionada à diversidade funcional que também foi considerada neste trabalho. Sob esta questão, quatro aspectos funcionais dicotômicos foram selecionados para criar um contexto para criação do conhecimento baseado na teoria da espiral de criação do conhecimento defendida por Takeuchi e Nonaka, que nos ensina que a maneira pela qual as organizações criam o conhecimento é semelhante ao raciocínio dialético, isto é, dinamicamente a partir de síntese de visões que aparentam serem opostas [183].

A partir dos estudos de Belbin e Nonaka, foi promovida uma investigação junto à Diretoria de Recursos Humanos do TJGO para identificar quais eram os aspectos funcionais que comumente provocavam conflitos e emergiam de diferenças meramente estruturais, visto que os funcionários compartilham a visão institucional. Com base nas informações levantadas, propomos a formação de grupos para apoiar a criação do conhecimento dentro da instituição, no modelo de aprendizagem colaborativa, formando equipes virtuais para potencializar a criação do conhecimento via EaD. Assim, as seções

subsequentes buscam esclarecer os conceitos básicos que foram utilizados neste trabalho.

2.7 A Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador - CSCL

Nada pode ser compreendido solidamente sem o conhecimento dos princípios e dos preceitos que envolvem o tema. Por isso, se faz necessário esclarecer os aspectos fundamentais sobre aprendizagem colaborativa, formação de grupos e algoritmos genéticos.

No contexto histórico, a aprendizagem colaborativa baseada em computador (CSCL) ganhou força a partir do movimento construtivista ocorrido na década de 1970. A partir deste movimento percebeu-se que os computadores poderiam ser utilizados para potencializar os aspectos cognitivos dos alunos, o que despertou interesse de pesquisadores do assunto [158].

No entanto, somente na década de 1990 ocorreu a ascensão do CSCL, em resposta aos *softwares* que obrigavam os alunos a aprender de forma individual e isolada. Esta ascensão foi estimulada pela intensificação do uso da Internet, explorando a capacidade desta em conectar pessoas de formas inovadoras [181].

A área de pesquisa de CSCL inclui situações em que as interações ocorrem entre os estudantes que utilizam redes de computadores para melhorar o ambiente de aprendizagem. Isso inclui o uso de tecnologia para apoiar a comunicação síncrona e assíncrona entre os alunos em uma sala de aula e também estudantes que estão geograficamente distribuídos[181].

O crescimento do uso de tecnologias para apoiar a educação atraiu um número crescente de pesquisadores para investigar as mais diferentes perspectivas do assunto. A CSCL surge como uma área de conhecimento interdisciplinar, com foco em como a tecnologia pode facilitar a criação do conhecimento através de interações entre os alunos em grupos [181]. Este crescimento foi impulsionado pela característica interdisciplinar que o assunto tomou, passando a ser pesquisado em outras áreas de conhecimento.

Uma demonstração cabal da interdisciplinariedade do assunto está no fato de que as pesquisas em CSCL se tornaram um campo transdisciplinar de investigação, incluindo as que tratam da ciência cognitiva, ciências da aprendizagem (psicologia, ciência da computação, educação), a psicologia educacional, comunicação, epistemologia, psicologia social (grupo de pesquisa pequeno), inteligência artificial, e tecnologia da informação (sistemas de apoio de grupo). Não obstante a área de conhecimento, o objetivo básico do CSCL é prover um ambiente que ajude os estudantes a melhorar os processos de aprendizagem[106], facilitando a aprendizagem coletiva ou a cognição do grupo [181].

Segundo Dillenbourg, em seu conceito mais amplo, a aprendizagem colaborativa trata-se da situação em que duas ou mais pessoas aprendem ou tentam aprender alguma coisa juntas [51]. Panitz [142] trouxe o conceito de que a aprendizagem colaborativa é uma filosofia pessoal, aplicada em situações onde pessoas reúnem em grupos, havendo um compartilhamento da autoridade e aceitação da responsabilidade entre os membros do grupo para as ações do grupo. A base da aprendizagem colaborativa reside no senso geral de que deve haver cooperação entre os membros do grupo, ao invés de competição.

O avanço da tecnologia fez com que o uso de computadores na CSCL fosse aplicado para o desenvolvimento de ferramentas que propiciem a aprendizagem em grupo e potencializem atividades criativas, interação social, compreensão profunda e reflexiva [181]. Esse avanço fez com que fossem realizadas intensas pesquisas sobre o assunto. Uma dessas pesquisas foi conduzida por Jonhson e Jonhson [92] que constataram que a aprendizagem colaborativa é efetiva somente na presença de cinco elementos básicos dentro do grupo: interação frente a frente, responsabilidade individual, desenvolvimento de habilidades interpessoais e grupais, avaliação do processo do trabalho da célula de modo a melhorar o funcionamento do mesmo e interdependência positiva.

2.7.1 Elementos da aprendizagem colaborativa

De acordo com Jonhson e Jonhson [96], o esforço colaborativo é mais produtivo e competitivo que o esforço individual, desde que determinadas circunstâncias sejam observadas. Estas circunstâncias são: clara percepção de interdependência positiva entre os membros do grupo; interação promotora; exercício de habilidades interpessoais; exercício regular de processamento das funções atuais do grupo para melhorar a efetividade futura.

A clara percepção de interdependência positiva entre os membros do grupo ocorre quando os alunos percebem que dependem das habilidades uns dos outros para alcançarem êxito na tarefa que lhes foi passada. A partir desta percepção, tem-se a interação promotora, ou seja, a interação dos alunos para desenvolver as relações interpessoais e estabelecer regras de aprendizagem. Essa interação promotora faz com que os trabalhos desenvolvidos pelo grupo sejam realizados de maneira sistemática, embora cada aluno tenha sua própria responsabilidade, denominado responsabilidade individual, pelo trabalho desenvolvido.

Os autores asseveram as afirmativas acima ao identificar que todos os relacionamentos colaborativos que são efetivos possuem cinco elementos básicos. Estes elementos são:

- interação frente a frente para o desenvolvimento de competências sociais;
- responsabilidade individual;
- desenvolvimento de habilidades interpessoais e grupais;

- avaliação do processo do trabalho da célula de modo a melhorar o funcionamento do mesmo e;
- interdependência positiva.

Acrescentam ainda que isso é verdadeiro tanto para tutorias em pares, aprendizagem em parcerias, mediação entre pares, trabalhos em grupos realizados por adultos, famílias e outras relações colaborativas. Este padrão conceitual afixado pelos autores define a relação de colaboração [96], sendo que elementos elencados serão explorados nas seções subsequentes.

2.7.2 Interdependência positiva

Em estruturas colaborativas, a eficiência dos trabalhos em grupo tem como primeiro requisito fazer com que o estudante acredite que ele está diante da escolha de 'afundar sozinho' e 'nadar em conjunto' [96]. Esta metáfora está relacionada ao fato de que o aluno deve ter consciência de que o sucesso do trabalho não depende exclusivamente do esforço que ele fará e sim da sinergia dos esforços que serão dispendidos pelos integrantes do grupo. Isso faz com que o aluno tenha duas atribuições:

1. Aprender o material que lhe foi repassado.
2. Assegurar que todos os membros do grupo aprenderam o material. A combinação destas duas atribuições é denominado tecnicamente, interdependência positiva.

A interdependência positiva ocorre quando os alunos percebem que estão conectados aos outros membros do grupo de modo que aqueles não alcançarão o sucesso se os demais membros do grupo também não alcançarem. Ao perceberem isso, os alunos devem coordenar e direcionar os esforços para que o grupo conclua a tarefa que lhe tenha sido repassada[96].

Como consequência da existência de interdependência positiva em grupos, os alunos passam a ver que o trabalho individual realizado dentro do grupo deve ser transformado de modo a beneficiar o grupo e que os trabalhos feitos pelos outros colegas do grupo beneficiam a todos. Percebem ainda que devem trabalhar juntos, em grupos pequenos, para maximizar a aprendizagem de todos os componentes através do compartilhamento dos recursos para apoiar e encorajar os membros para que haja sucesso conjunto.

Nos estudos conduzidos por Jonhson e Jonhson [96], eles identificaram que, na presença de interdependência positiva no grupo, dois benefícios emergem, sendo o primeiro deles a imprescindibilidade do esforço de cada um para o alcance do sucesso de todo o grupo e a contribuição singular de cada um dos membros do grupo, sendo esta contribuição materializada na execução do papel e responsabilidade individual.

Existem algumas maneiras para estruturar a interdependência positiva dentro de um grupo de aprendizes. Estas maneiras podem ser: interdependência positiva de alvo; recompensa positiva; interdependência de recursos positiva ; interdependência positiva de papéis.

Na interdependência positiva de alvo os alunos percebem que eles podem atingir o alvo somente se todos os membros da equipe também atingirem, individualmente, o alvo de cada um. Significa que o grupo está unido em torno de uma meta comum, isto é, a razão concreta da existência do grupo. Para assegurar que os alunos não trabalharão individualmente em detrimento dos interesses do grupo, o professor apresenta uma estrutura clara para o grupo e apresenta os alvos que, compartilhadamente, devem ser atingidos pelos membros.

Outra maneira é a recompensa positiva, onde cada membro do grupo recebe a mesma recompensa quando uma tarefa ou meta é atingida. Esta estratégia é utilizada para reforçar o trabalho em torno de metas comuns ao grupo e os professores podem estabelecer marcos onde os alunos recebem premiações. As premiações podem ser notas para a produção geral do grupo, etc. Estas recompensas devem ser comemoradas pelos membros do grupo para que a relação entre eles seja estreitada.

A interdependência positiva de recursos ocorre quando cada membro do grupo possui apenas uma parcela de recursos, informações ou materiais que são necessários para que a tarefa seja completada. Os recursos que estão distribuídos entre os membros devem ser combinados para que o grupo atinja o alvo. Esse método costuma ser adotado pelos professores para ampliar as relações colaborativas, forçando os alunos a compartilharem os recursos que estão sob sua tutela e estimular o trabalho em grupo.

Para que haja interdependência positiva de papéis, a cada membro devem ser atribuídas responsabilidades que são complementares e interconectadas às responsabilidades atribuídas aos outros membros do grupo, de modo que o indivíduo precisa se juntar aos outros membros para que possa concluir a tarefa [65]. Os professores utilizam-se da interdependência de papéis quando eles atribuem papéis complementares como leitor, relator, revisor. Essas atribuições visam a elevar a participação dos membros no grupo.

A interdependência positiva conduz a um outro fator considerado essencial para o trabalho cooperativo que é a interação frente a frente. Esta interação é onde ocorre o exercício das habilidades sociais dos membros do grupo e o conseqüente desenvolvimento das mesmas.

2.7.3 Interação frente a frente para o desenvolvimento social

Uma interação promotora das habilidades sociais pode ser definida como o encorajamento e estímulo dos indivíduos do grupo para estabelecer sinergia entre os esforços

para alcançarem o alvo comum do grupo. O contexto de aprendizagem colaborativa tem como característica a manutenção dos alunos em um local físico que permite que cada um fique frente a frente com os outros, e assim, os membros do grupo se encorajam e facilitam os esforços de cada um de modo a alcançarem o alvo do grupo [117].

Apesar dos efeitos da interdependência positiva sobre o resultado do grupo, é justamente esta interação promotora face a face entre os indivíduos que proporciona o ajustamento psicológico e o desenvolvimento das habilidades sociais. Nesta interação ocorre o provimento de apoio e assistência de forma efetiva e eficaz entre os indivíduos, oferecendo experiência um para outro para melhorar o desempenho das atividades subsequentes. Outro fator que ocorre é a oferta de conclusões, inferências e raciocínios pelos componentes do grupo. Esta oferta promove ganho na qualidade das decisões e faz com que as decisões resultem de discussões mais intensas, portanto, decisões mais bem elaboradas.

2.7.4 Responsabilidade Individual

Outro elemento fundamental para o êxito do trabalho cooperativo está na responsabilidade individual. Embora os trabalhos dentro do grupo sejam direcionados para o alcance do objetivo do grupo, devem haver meios para que haja responsabilidade individual, ou seja, para que seja aferida a performance de cada membro do grupo, além do próprio objetivo comum.

A responsabilidade individual implica que cada membro do grupo seja avaliado e que o grupo saiba que a avaliação do grupo é o resultado dessas avaliações individuais. Johnson e Johnson defendem que quando o aluno é responsável por seu desempenho individual e ele deve trabalhar para melhorá-lo [92]. Quando ocorre essa melhora o grupo melhora conjuntamente em razão de que o indivíduo que obteve a melhora tem a obrigação de assistir os colegas para aumentar o desempenho do grupo.

A responsabilidade individual do aluno é a chave para assegurar que os membros do grupo se torne mais eficientes ao trabalharem de forma colaborativa, asseverando o propósito da aprendizagem colaborativa que é fortalecer os alunos dentro do grupos que estão inseridos e no exercício individual de suas atividades. Esse resultado pode ser alcançado, por exemplo, depois dos alunos fazerem uma determinada tarefa colaborativamente de maneira que este trabalho os torne aptos a realizarem atividades similares, porém sozinhos.

Para assegurar que os estudantes sejam responsáveis por executar sua parte nas atividades de maneira equânime, compartilhando o trabalho com os outros membros do grupo, os professores devem avaliar o quanto de esforço cada membro do grupo faz para contribuir com o trabalho do grupo, além de prover experiência aos grupos e alunos

individualmente, ajudar os grupos a evitar esforços redundantes entre os membros, e garantir que cada membro do grupo seja responsável por um resultado final.

As maneiras mais comuns de assegurar a responsabilidade individual entre os alunos não se limitam, mas incluem:

1. Manter os grupos em tamanhos pequenos. Os alunos que estão inseridos em grupos menores têm maior responsabilidade individual.
2. Avaliar individualmente os alunos.
3. Selecionar aleatoriamente os alunos e examinar a apresentação oral dos trabalhos realizados pelos alunos na presença do grupo ou da sala de aula.
4. Observar cada grupo e registrar a frequência com que cada membro contribui para os trabalhos do grupo.
5. Atribuir a um dos membros do grupo o papel de verificador. O verificador pede aos outros membros do grupo para explicar o raciocínio e respostas lógicas dos membros do grupo.
6. Permitir que os alunos ensinem o que aprenderam para outras pessoas.

A sistemática de avaliação da performance do indivíduo dentro do grupo consiste em primeiramente fazer com que os alunos obtenham conhecimento em grupo, de forma colaborativa, sobre o material, e em seguida fazer com que eles demonstrem o que foi apreendido individualmente.

Entretanto, há mais um fator que interfere nas interações dos alunos no grupo e que é determinante para o nível de participação de cada aluno nos trabalhos que são passados pelo professor. Este fator trata das habilidades interpessoais que será abordado na próxima seção.

2.7.5 Habilidades interpessoais e grupos pequenos

Para coordenar os esforços mútuos entre os alunos é preciso utilizar de maneira adequada as habilidades interpessoais que os mesmos possuem.

As habilidades interpessoais podem ser definidas como sendo a capacidade de lidar de maneira eficaz com relações que envolvem pessoas, de forma adequada às necessidades de cada indivíduo e conforme as exigências do momento. As habilidades interpessoais envolvem a percepção dos indivíduos, isto é, a maneira o qual eles enxergam o contexto, e a habilidade em se adaptar a esse contexto para melhorar as interações com os outros indivíduos.

Para viabilizar o desenvolvimento destas habilidades é preciso que haja no contexto do grupo três elementos: confiança entre os membros, comunicação precisa e não ambígua e apoio mútuo. A presença destes elementos faz com que a solução de conflitos seja construtiva [95] [92].

Os estudos conduzidos por Johnson e F. Johnson [95] apontaram que se forem alocados em grupos estudantes que não possuem habilidades interpessoais e simplesmente dizer a eles que colaborem não haverá garantias de que colaborarão, isto porque não terão habilidades para colaborar, pois porque a habilidade em interagir com outras pessoas não decorre dos instintos primitivos dos seres humanos. As habilidades interpessoais, necessárias para colaboração de alta qualidade, devem ser ensinadas aos estudantes e eles devem estar motivados à aplicá-las. O ponto fundamental das dinâmicas de grupo reside na premissa de que habilidades sociais são a chave para a produtividade em grupo [95].

Pode ser citado como exemplos de habilidades interpessoais o saber compartilhar, ouvir, ajudar os outros, dialogar, confiar, respeitar opiniões diferentes, entre outras.

2.7.6 Processamento através do grupo

O processamento através do grupo pode ser definido como sendo o processo pelo qual os membros do grupo ajustam entre si os objetivos do grupo, avaliam o que está sendo feito, e identificam alterações que deverão ser realizadas na equipe para que funcione melhor no futuro, em outras atividades [146]. Este ajustamento e revisão das atividades do grupo são importantes, pois a eficiência do trabalho em grupo é afetada pela capacidade do grupo em refletir o quanto bem eles estão trabalhando [92]. A definição de um processo interno no grupo auxilia a descrever as ações a serem realizadas por cada membro do grupo bem como se estas ações são úteis para o alcance do resultado.

Além disso, este processo ajuda a definir quais são as atividades que vão seguir (continuar sendo executadas) ou as que serão alteradas. Assim, o propósito do processamento em grupo é esclarecer e melhorar a efetividade das contribuições dos membros do grupo para canalizar os esforços colaborativos em direção ao objetivo comum, isto é, o objetivo que é compartilhado por todos os membros do grupo.

De acordo com Johnson e Johnson [92], o processamento em grupo é feito em dois níveis: em pequenos grupos ou na classe inteira. Para assegurar que ocorra o processamento em pequenos grupos os professores destinam parte do tempo em cada aula para que os alunos possam trabalhar juntos e, em seguida, os professores verificam a efetividade do trabalho realizado em conjunto.

Os grupos precisam descrever quais ações realizadas pelos membros é útil ou não para completar o trabalho tomando a decisão sobre qual conjunto de ações deve prosseguir, decidindo, portanto, quais ações devem ser mantidas e quais devem ser modificadas. Este processamento inclui permitir aos grupos que foquem na manutenção do bom relacionamento entre os membros, facilitar o aprendizado de habilidades colaborativas; assegurar que os membros recebam o comentário de sua participação; assegurar que os estudantes pensem tanto no nível metacognitivo quanto no nível cognitivo; e prover os

meios para celebrar as conquistas em grupo e os comportamentos positivos dos componentes do grupo.

Alguns dos fatores-chaves de sucesso de processamento em pequenos grupos está em permitir tempo suficiente para realizá-lo, fornecendo estrutura para o processamento. Por exemplo, pode-se listar três coisas que o grupo está fazendo hoje e uma coisa que pode ser melhorada, enfatizando a experiência positiva adquirida no relacionamento do grupo.

A presença dos elementos básicos materializam-se em resultados ao verificar os aspectos comportamentais entre grupos colaborativos e grupos tradicionais. Esta comparação deixa evidente a presença dos elementos e será demonstrada na próxima seção.

2.7.7 Diferença entre os trabalhos em grupos tradicionais e os grupos colaborativos

Os trabalhos realizados em grupos de aprendizagem colaborativa possuem características diferentes da abordagem de grupos tradicionais. No cerne da diferença encontra-se a interdependência positiva entre os membros do grupo, o que torna o desempenho global das tarefas superior ao individual.

Leitão, citado por Rodrigues [163] define aprendizagem colaborativa como uma estratégia centrada no aluno e no trabalho colaborativo entre os membros do grupo, onde os elementos que compõem os grupos tem capacidade de se organizarem com base na diferença, diversidade de atividades, formas e contextos em que aprendem a construir a compreensão do tema a sua volta, de forma ativa, responsável, crítica e reflexiva. Essa colaboração constitui o principal fator que separa o grupo colaborativo dos grupos tradicionais.

A tabela 2.1 apresentou um resumo das principais diferenças entre os grupos de alunos formados tradicionalmente e os que são formados quando observadas as nuances da aprendizagem colaborativa. A formação dos grupos observando-se as características adequadas traz benefícios que serão apresentados na seção seguinte.

2.7.8 Benefícios da aprendizagem colaborativa

Diversos autores apresentaram os benefícios de se empregar a aprendizagem colaborativa [92] [96] [143] [21]. Entretanto, uma extensa lista foi apresentada por Rodrigues quando cita a obra de Lopes e Silva [163], que agrupou os benefícios em quatro categorias: sociais, psicológicos, acadêmicos e de avaliação.

Os benefícios sociais da aplicação da aprendizagem colaborativa estão relacionadas às interações que os alunos desenvolvem com outros alunos ou até com pessoas para

realização de atividades. Os benefícios que podem ser observados incluem, mas não se limitam a: promoção de respostas sociais positivas em relação aos problemas e estímulo um ambiente de resolução dos conflitos; encorajamento para que se exerça a responsabilidade individual, desenvolvimento das relações heterogêneas positivas, isto é, melhor tratamento das diferenças entre os alunos; desenvolvimento da prática de liderança, entre outras.

Na esfera psicológica, os benefícios estão relacionados ao rompimento de barreiras psicológicas para o desenvolvimento pessoal, tais como timidez, baixa autoestima e ansiedade, fortalece outras características como atitude positiva, experiência em grupos etc. Pode ser citado como benefícios observáveis: redução da ansiedade em sala de aula e nos testes; encorajamento em ajudar os colegas de grupo bem como pedir e aceitar a ajuda dos colegas; elevação da expectativa entre alunos e professores, criando uma atmosfera positiva de cooperação.

Além dos benefícios sociais e psicológicos há também benefícios acadêmicos relacionados à maximização do aproveitamento do aluno da atividade realizada na universidade ou escola. Esse benefício inclui o estímulo ao pensamento crítico; ajuda os alunos a clarificar ideias em discussão; desenvolvimento de competências metacognitivas; criação de um ambiente de aprendizagem ativo, envolvente e investigativo; promoção os objetivos de aprendizagem em detrimento aos objetivos de desempenho, entre outros.

Por fim, os benefícios de avaliação se referem às formas de avaliação alternativas tais como a observação de grupos, avaliação do espírito do grupo e avaliações individuais. Além disso, proporciona experiência entre alunos e o professor sobre a eficácia de cada turma e progresso dos alunos, a partir da observação do trabalho individual e em grupo. Outrossim, o trabalho do instrutor é facilitado pelo fato de que o trabalho em grupo é mais fácil de ser supervisionado e realizado pelos alunos individualmente. No primeiro permite ao instrutor envolver-se de forma intensa nos trabalhos realizados, fortalecendo a cooperação entre os alunos.

Uma vez conhecido os benefícios da aprendizagem colaborativa, os estudos foram direcionados para a maneira por meio da formação dos grupos, questão esta que tem sido amplamente debatida pelos especialistas da área. O estudo conduzido por Stahl [181] recomendou que as pesquisas futuras em CSCL dedicassem mais atenção sobre pontos importantes como a cognição do grupo e a construção colaborativa do conhecimento.

Desse modo, a questão sobre a formação dos grupos para aprendizagem colaborativa será abordado de maneira extensa nas próximas seções, com ênfase na importância da formação e distribuição dos alunos nos grupos.

2.8 Formação de grupos na aprendizagem colaborativa

No que diz respeito à melhoria da performance dos alunos, é importante que os grupos sejam constituídos de forma adequada, pois a formação de grupos influencia diretamente a capacidade de realização de trabalhos intelectuais complexos que exijam criatividade. A forma pela qual os alunos serão agrupados é importante e afeta a produtividade dos grupos bem como o desempenho do aluno.

Segundo estudos consignados na literatura [88] [17] [43] [44] [75] formar grupos heterogêneos é mais vantajoso que grupos homogêneos. Basadur e Head [17] atestaram que grupos com diversidade cognitiva apresentam melhor performance do que grupos homogêneos. Para validar esta asserção, os autores conduziram experimentos onde os alunos foram separados em grupos homogêneos, semi homogêneos e heterogêneos e foram aplicados exames a cada um dos grupos, sendo que os grupos heterogêneos obtiveram melhor desempenho.

Outros autores também defendem a diversidade entre os membros dos grupos. De acordo com Janis [88], se um grupo possui membros com pontos de vista parecidos, as decisões fluem de maneira mais fácil. Contudo, a efetividade das decisões pode ser prejudicada pois diferentes opiniões, perspectivas e métodos deixam de ser analisados por não serem apresentados face a homogeneidade do ponto de vista dos componentes do grupo.

Brophy [30] apresentou uma teoria em três níveis para integrar as teorias e pesquisas correspondentes e sugeriu que os grupos com diferentes preferências e habilidades, conhecimentos e configurações serão mais eficientes durante a resolução de problemas. Por meio de evidência empírica, diversos autores chegaram à conclusão de que a diversidade de perspectivas pode estimular processos criativos [43] [44]. Guzzo and Dickson [75] também concluíram que a heterogeneidade contribui para a efetividade dos trabalhos em equipe quando elas realizam atividades intelectuais que exigem criatividade.

Em aprendizagem colaborativa, os grupos heterogêneos são frequentemente formados pelos instrutores com vistas a criar interdependência mútua entre os membros, fazendo com que eles aprendam ajudando uns aos outros através das interações [39]. Estudiosos de grupos heterogêneos afirmam que o rendimento de alunos com menor habilidade, isto é, alunos mais fracos em um determinado assunto, melhora em grupos heterogêneos [197], isso porque estes alunos recebem explicações mais elaboradas de seus colegas de grupo sobre o material de estudo. Estes colegas de grupos são justamente aqueles que possuem maior conhecimento do assunto.

Outro ponto importante discutido no trabalho apresentado por Webb e Cullian é que os alunos que tem maior facilidade com o conteúdo também se beneficiam em grupos heterogêneos. Isso se deve ao fato de que ao explicarem o conteúdo aos alunos

que tem maior dificuldade, não obstante a facilidade que já possuem, eles são levados a reorganizarem as ideias de modo a tornar as informações mais claras em diferentes aspectos. Isto leva ao desenvolvimento da metacognição [196].

Desse modo, com fulcro nas pesquisas realizadas [17] [43] [44] [75] [88] [197] [196], será adotado doravante o objetivo de formar grupos heterogêneos para alcançar os benefícios mencionados nessa seção. Na próxima seção será demonstrado as maneiras mais comuns que grupos para aprendizagem colaborativa são organizados.

2.9 Como os grupos são organizados

Em um ambiente de ensino, os grupos podem ser formados de diferentes maneiras e por diferentes agentes. Primeiramente serão tratados os principais agentes responsáveis pela formação dos grupos em ambientes de ensino e em um segundo momento serão abordadas as maneiras pelas quais os grupos são formados por estes agentes.

Embora o poder decisório para a formação do grupo recaia sobre o educador, este tende a compartilhar os riscos com os alunos no momento da formação dos grupos. Por isso, para fins didáticos, pode-se classificar os principais agentes formadores de grupos em dois: o educador e os próprios alunos.

Contudo, via de regra, o principal agente na formação de grupos é o educador. O educador exerce o papel de formador de grupos quando designa os alunos que comporão os grupos. Um exemplo disso é a designação direta, em que o educador diz quem comporá grupo com quem. Além disso o educador pode estabelecer critérios para a formação de grupos. Este critério pode ser, por exemplo, idade dos alunos, localização geográfica (nos casos de educação à distância), interesses, entre outros.

O outro agente é o próprio aluno que figura como agente formador de grupos quando esta atribuição lhe é conferida pelo educador. Geralmente o educador estabelece o quantitativo de grupos e deixa os alunos sentirem-se à vontade para escolher os parceiros de trabalho.

Quando a formação dos grupos é delegada aos alunos, estes tendem a formar grupos homogêneos orientados pela afinidade que possuem com os colegas. Esta formação homogênea não é desejável e traz desvantagens.

De acordo com Bekele [21] existem quatro maneiras de formar grupos que o educador pode lançar mão: aleatória; baseada em critério definido; designação por tarefa e delegada aos alunos.

A formação de grupos aleatória consiste em aplicar propriamente formas aleatórias para formar os grupos. Por exemplo, os professores atribuem um número a cada aluno e agrupam os alunos cuja numeração esteja dentro de um intervalo como 1 a 4, 5 a 8, etc. A formação aleatória é frequentemente empregada, sobretudo por causa da facilidade em

ser implementada. Uma das vantagens da utilização deste método é que ele possibilita a separação de grupos que eram formados por amigos e cria um contexto em que as pessoas podem interagir com outras com as quais normalmente não interagiriam em sala de aula. Entretanto, a seleção aleatória faz com que os alunos sintam-se excluídos do processo de seleção. Ainda, assume o risco de agrupar alunos que possuem perfis incompatíveis, o que pode gerar conflitos pessoais.

A formação de grupos por critério específico consiste no professor determinar um critério para obter grupos heterogêneos. Acredita-se que os grupos trabalham melhor quando estão balanceados, ou seja, na presença de equilíbrio entre os papéis, estilos de aprendizagem, perfis e personalidades [21]. Para formar grupos desta maneira, geralmente os professores utilizam um questionário para obtenção dos perfis. A desvantagem que consta na literatura é diminuição da satisfação dos alunos nesta formação de grupos.

No caso da designação de tarefas a escolha é feita a partir do reconhecimento das afinidades dos agentes do grupo com determinado assunto. Neste caso o professor oferece aos alunos uma lista de tópicos para eles escolherem e, de acordo com as preferências individuais de cada um, os grupos são gerados, agrupando os alunos que escolheram o mesmo tópico para ser abordado.

A quarta maneira ocorre a delegação para os alunos se agruparem voluntariamente, ou seja, os próprios alunos formam os grupos. Eles escolhem os parceiros com quem irão trabalhar e se auto-organizam. No caso, os alunos que não conhecem muitos colegas na sala tendem a formar grupos com aqueles que se sentam próximos a ele [21]. Este método tem sido amplamente utilizado pelos professores, mas os grupos formados desta maneira costumam ser homogêneos. Esta maneira de formar grupos traz mais uma desvantagem pois negligencia os aspectos pedagógicos da formação do grupo, além ser comum que alguns alunos não colaborarem com as atividades, em grupos formados por eles mesmos.

Outra dificuldade encontrada neste meio de formação é de confusão dos papéis e responsabilidades dentro do grupo. Sem a devida orientação do professor, os alunos têm dificuldades em se organizar e definir os papéis de cada um. Isto torna comum a ocorrência de conflitos entre os alunos e desmotivação dos mesmos para conclusão dos trabalhos. Por isso, também a heterogeneidade é eficiente, pois faz com que a formação seja direcionada para o agrupamento pessoas que implementam naturalmente papéis diferentes [22].

Não obstante as várias maneiras de agruparem os alunos, para que haja melhor aprendizagem dos estudantes, este agrupamento deve seguir critérios específicos, os quais tem sido objeto de estudos por muitos pesquisadores. Além da dificuldade em agrupar os alunos conforme o critério adotado, a complexidade do agrupamento cresce a medida que o número de estudantes envolvidos aumenta.

Esta complexidade tem motivado pesquisadores a promoverem investigações so-

bre os aspectos que envolvem o agrupamento dos alunos, dos quais se pode mencionar os estudos realizados por Bradley e Herbert [27] enfatizaram a importância de atributos pessoais (características sociais e pessoais do indivíduo) na formação do grupo. Esses autores defendem que atributos relacionados à personalidade determinam se o desempenho do grupo alcançará o nível desejado. O'Donnell e Dansereau [136] também alcançaram resultado semelhante.

Outro fator que foi constatado por pesquisadores é que apesar de grupos homogêneos serem melhores para o alcance de objetivos específicos, interesses e personalidades combinadas em grupos heterogêneos fizeram que os alunos alcançassem resultados melhores que os grupos homogêneos em um grande grupo de atividades [119]. Os grupos heterogêneos trabalham sob a premissa de que os grupos trabalham melhor se os membros estiverem balanceados em termos de diversidade, seja esta diversidade de funções, papéis ou personalidades. Em outras palavras, implica afirmar que grupos eficazes são formados por alunos com diferentes ideias, personalidades, entre outras características [176] [164].

Desse modo, observa-se que formar grupos heterogêneos é melhor porque traz visões diferentes para serem debatidas e estas visões fortalecem a criação do conhecimento dentro do grupo. Contudo, maximizar as diferenças entre os grupos pode fazer com que hajam grupos muito heterogêneos enquanto que outros grupos sejam homogêneos, provocando disparidade na criação do conhecimento. Por isso, é preciso não apenas aumentar a diversidade intragrupos mas também minimizar a diferença entre os grupos, ou seja, os grupos devem ser o mais homogêneo possível quando comparados entre si, apesar de internamente serem compostos por membros diferentes.

2.10 A homogeneidade intergrupos

Este aspecto deve ser observado ao formar grupos para aprendizagem colaborativa, pois, diferentemente do aspecto intragrupos, onde se busca agrupar alunos que possuam características diferentes entre si, se refere à avaliação feita dos grupos formados, procurando estabelecê-los da forma mais balanceada possível [21].

Formar grupos balanceados significa que um grau mínimo de nivelamento entre os grupos está sendo respeitado. Por exemplo, considere uma sala com 40 alunos e a formação dos grupos foi realizada a partir de notas obtidas em um exame que buscava determinar o nível de conhecimento que os alunos detinham sobre um determinado assunto, conforme se pode notar na Figura 2.1.

As notas obtidas variam de 1 a 5 onde 1 significava muito fraco e 5 muito forte. As notas foram distribuídas conforme a frequência exibida na tabela 2.2. Considere a situação hipotética de formar grupos homogêneos com 4 alunos para aprendizagem colaborativa. Caso as notas fosse utilizadas como critério, haveriam as classes 5 e 1 como

Critério	Grupo tradicional	Grupo colaborativo
Coesão / Relacionamento dos membros do grupo.	Não existe relação de interdependência. Pode haver, inclusive, entropia no grupo.	Interdependência positiva. Existe o sentimento de interdependência entre os alunos.
Papel no grupo	Não se assegura responsabilidade individual. A liderança é exercida por um aluno e as responsabilidades não são compartilhadas.	Responsabilidade Individual. Cada aluno exerce um papel no grupo. Liderança e compartilhamento das responsabilidades
Sinergia	Muitas vezes, o sucesso do grupo depende de apenas de um ou de alguns membros. Inexiste ou existe de maneira insuficiente. Geralmente a maior parte do trabalho é realizado pelos alunos fora da sala de aula o que dificulta o acompanhamento do professor.	Participação dos alunos em prol do objetivo do grupo. Acompanhamento e fornecimento de experiência pelo professor ao grupo.
Melhoria Continuada	Não há avaliação sobre o trabalho do grupo. Não há melhoria continuada.	Autoavaliação do funcionamento do grupo. Revisão constante dos objetivos do grupo.
Formação dos grupos / Diversidade	Grupos homogêneos costumam ser formados. Geralmente por afinidades entre os alunos.	Grupos heterogêneos costumam ser formados.

Tabela 2.1: Comparativo entre grupos tradicionais e CSCL

Grupos / Alunos	1	2	3	4	Desvio Padrão
1	1	1	1	1	0,00
2	2	2	2	2	0,00
3	2	2	2	2	0,00
4	2	3	3	3	0,50
5	3	3	3	3	0,00
6	3	3	3	3	0,00
7	3	3	3	3	0,00
8	3	3	4	4	0,58
9	4	4	4	4	0,00
10	5	5	5	5	0,00

Nível

5
4
3
2
1

Figura 2.1: Grupos heterogêneos usando notas como critério

Grupos / Alunos	1	2	3	4	Desvio Padrão
1	1	5	3	2	1,71
2	3	3	1	5	1,63
3	4	1	3	3	1,26
4	4	3	3	1	1,26
5	2	4	2	3	0,96
6	3	2	3	3	0,50
7	3	3	2	4	0,82
8	2	3	4	2	0,96
9	2	5	3	3	1,26
10	4	2	5	3	1,29

Nível
5
4
3
2
1

Figura 2.2: Grupos homogêneos usando notas como critério

dois grupos formados, enquanto que a classe 2 formaria 2 grupos e sobraria um aluno que seria aproveitado na classe 3.

Nível de conhecimento	Frequência	Frequência Acumulada
1	4	4
2	9	13
3	17	30
4	6	36
5	4	40

Tabela 2.2: Exemplo de distribuição de alunos por nível de conhecimento

Na Figura 2.1, há um exemplo distribuição de alunos foi apresentados na tabela 2.2 em grupos homogêneos. A Figura 2.2 mostra os mesmos alunos distribuídos em grupos heterogêneos. O critério utilizado para determinar a homogeneidade / heterogeneidade dos grupos foi a nota de cada aluno.

O grau de heterogeneidade e homogeneidade foi determinado pelo cálculo do desvio padrão das notas dos alunos que compõem o grupo. Observa-se que quanto maior a heterogeneidade, maior o desvio padrão.

O desvio padrão foi utilizado no exemplo como forma de determinar o grau de heterogeneidade em razão de que este indicador é mais apropriado, primeiramente porque se trata de aferir valores estritamente numéricos, ou seja, as notas dos alunos, porém o fator principal é que o desvio padrão considera o dobro entre as diferença entre o valor e a média. Isso torna este indicador mais sensível para aferições de variações ao compará-lo com a média de um determinado grupo de dados.

Retomando a questão acerca da homogeneidade intergrupos, na Figura 2.2 observa-se uma distância entre desvio padrão das notas dos alunos do grupo 1 e do grupo 6. O grupo 1 poderia representar uma padrão de grupo considerado ótimo, isto

Grupos / Alunos	1	2	3	4	Desvio Padrão
1	3	5	3	2	1,26
2	3	3	1	4	1,26
3	4	1	3	3	1,26
4	4	3	3	1	1,26
5	3	5	2	3	1,26
6	3	2	3	1	0,96
7	2	3	2	4	0,96
8	2	2	4	2	1,00
9	2	5	3	3	1,26
10	4	3	5	3	0,96

Nível
5
4
3
2
1

Figura 2.3: Exemplo grupos heterogêneos balanceados

é, o mais heterogêneo possível. Contudo, o grupo 6 acabou sendo formado de maneira homogênea. Se o objetivo for balancear os grupo, isto é, reduzir a distância entre eles, é preciso remanejar para que o desvio padrão das notas seja o mais próximo possível para todos os grupos.

Uma forma de proceder ao balanceamento dos grupos está demonstrada na Figura 3, onde a distância entre os grupos foi reduzida através do remanejamento dos membros.

A solução para a distribuição de grupos exibida na Figura 3 pode não ser a ótima, pois, no exemplo, a realocação dos grupos foi realizada de forma manual e usando o método de tentativa e erro, porém, observa-se, analisando o desvio padrão dos grupos, que há uma homogeneidade, ou seja, os valores dos desvios estão relativamente próximos, tendo sido reduzida a distância entre o grupo 1 e o grupo 6.

Formar grupos heterogêneos internamente porém homogêneos entre si é o objetivo deste trabalho. Para isso será utilizado modelo baseado nos papéis que os alunos exercem dentro do grupo proposto por Belbin, bem como as características funcionais encontradas na organização. Estes dois modelos serão detalhados a seguir.

2.11 Modelos de formação de grupos

A aprendizagem colaborativa traz benefícios aos alunos e a heterogeneidade é interessante pois proporciona, sobretudo, aos alunos que possuem menos familiaridade com o tema, a oportunidade de receberem de seus colegas explicações mais elaboradas, criando uma relação ganha ganha, entre os membros e fortalecendo a interdependência positiva. Entretanto, ao se pensar em grupos, sejam eles homogêneos ou heterogêneos, cabe responder a seguinte pergunta: os grupos formados serão homogêneos ou heterogê-

neos em que aspecto? Algumas respostas emergem como: sexo, idade, notas obtidas nos exames de admissão, etc.

Em 1996, Romney sugeriu que alguns atributos como sexo, ambiente familiar, base escolar, proficiência no idioma, etnia, motivação, atitude, interesse, personalidade (argumentativo, extrovertido, introvertido, etc...) deveriam ser considerados para formação dos grupos [164]. Vários atributos foram selecionados e propostos como critério para estabelecimento dos grupos na literatura, abordando desde aspectos cognitivos, papéis, afetivos, interesses, idade, sexo, cultura, etc.[60] [103] [22].

Nesta esteira, tratando especificamente de aprendizagem em grupos, ou seja, colaborativa, há um fator crítico de sucesso que é justamente a contribuição e o espírito de equipe, de modo que o sucesso só será alcançado se for atingido por todos os componentes do grupo. Por isso, aspectos relacionados aos papéis dos membros do grupo para com os trabalhos em equipe são importantes.

O exercício destes papéis vai ao encontro do que preleciona Johnson e Johnson [92] ao defender a necessidade de se criar interdependência positiva e de que haja a responsabilidade individual para que efetivamente ocorra aprendizagem colaborativa. Por isso, é preciso responder a seguinte questão: Como obter a interdependência positiva e a responsabilidade individual se os alunos não são capazes de exercer naturalmente os papéis que lhe são atribuídos dentro do grupo? Apenas para constar como exemplo, suponha que no grupo haja um aluno cujo perfil seja de articulador, isto é, indivíduo com boa argumentação e senso político, e ele tenha sido selecionado para realizar o trabalho complexo e estritamente intelectual, trabalho geralmente atribuído aos pensadores. O resultado provável desta atribuição inadequada será a insatisfação e perda da motivação, afetando negativamente a relação de interdependência e o possível abandono da responsabilidade individual.

Como se nota, não se entrevê a possibilidade de abordar somente o aspecto cognitivo para formação dos grupos, não podendo constituir-se um hiato as relações entre os membros e os papéis por eles exercidos. Por esse motivo esta dissertação aborda o exercício dos papéis nos grupos de aprendizagem colaborativa, tendo sido adotado o modelo de Belbin.

2.12 O Modelo Belbin

Belbin [22] realizou um amplo estudo acerca dos papéis atribuídos a cada pessoa nos mais diversos períodos da história, inciando-se nos primórdios da humanidade. No estudo realizado por ele, foi percebida uma evolução do modelo de seleção para atribuição de atividades em diferentes ordens, tendo sido registrado os movimentos mais

significativos em três períodos ao longo da história, a saber: período pré industrial, industrial e pós industrial.

De acordo com os estudos de Belbin, durante o período pré industrial o fator preponderante para atribuição de um papel a uma pessoa para realização de um trabalho em grupo era pela categoria do indivíduo/trabalho, sendo predominante as categorias idade, sexo, tribo ou classe. O método de identificação destes atributos era através da inspeção visual.

Mudanças significativas no método de selecionar e atribuir tarefas ocorreram no período industrial. Diante da necessidade de especialização da mão de obra para execução de trabalhos e o aumento da complexidade dos meios de produção as qualificações profissionais, a experiência e as habilidades de negócio que a pessoa possuía passaram a ser o critério para seleção.

Por último, no período pós-industrial o critério para definição dos trabalhos a qualificação passou a não ser suficiente para suprir realização de trabalhos dentro de equipes. Passaram a ser observados também as características da personalidade do indivíduo e utilizado como critério o papel que o indivíduo exerce dentro do grupo. O método de seleção passou a ser mais complexo e exigir métodos mais sofisticados, tal como a seleção feita por programas de computador.

Belbin [22] apresentou um modelo para formação de grupos baseado no papel de cada indivíduo dentro do grupo. Segundo o autor, uma equipe está balanceada se cada papel especificado no seu modelo é exercido naturalmente por pelo menos um membro da equipe. A equipe é considerada desbalanceada se alguns papéis não forem naturalmente exercidos ou então se vários membros que exercem naturalmente um mesmo papel estiverem inseridos na mesma equipe, ou até mesmo pela presença de papéis duplicados. Um papel pode ser definido como a maneira pela qual uma pessoa comporta-se, contribui e se relaciona com os outros através de uma tarefa colaborativa (Belbin, 1993).

A identificação dos papéis que são exercidos pelos alunos deve ser feita aplicando o Belbin Team Role Self-Perception Inventory (BTRSPI), um questionário desenvolvido por Belbin [23]. Este questionário é composto por 70 questões que identificam os papéis que os alunos exercem naturalmente.

No modelo proposto por Belbin existem 9 papéis que cada membro do grupo pode exercer. São eles: Pensador, Investigador de Recursos, Coordenador, Articulador, Facilitador, Implementador, Analista, Realizador e Especialista.

2.12.1 O Pensador

A característica principal dos pensadores é que eles são inovadores, inventores e criativos. Eles difundem as ideias utilizadas no desenvolvimento dos trabalhos. Geral-

mente, eles preferem trabalhar um pouco mais distantes dos demais membros da equipe. Utilizam-se bastante da imaginação e, às vezes, podem adotar caminhos distintos do resto do grupo. Além disso, são introvertidos e reagem com furor à críticas e elogios. Podem apresentar ideias radicais ou até inactíveis.

Os pensadores possuem um papel no grupo: gerar novas propostas e novas soluções para resolver problemas complexos. Os pensadores são necessários nos estágios iniciais do projeto ou quando o projeto corre risco de falhar. Uma característica dos pensadores é que geralmente eles se tornam fundadores de empresas ou idealizadores de novos produtos.

O segundo papel apresentado é o do investigador de recursos.

2.12.2 O Investigador de Recursos

Investigadores de recursos são extrovertidos e entusiasmados. Eles possuem boa habilidade em comunicação. São naturalmente negociadores, exploradores de novas oportunidades e desenvolvedores de contatos. Apesar de não ser uma fonte de ideias, investigadores de recursos desenvolvem bem as ideias trazidas por outras pessoas, devido às habilidades investigativas que eles possuem. Eles são receptivos a outras pessoas.

Os investigadores de recursos cumprem a função de explorar e relatar as ideias, desenvolver os trabalhos e obter recursos fora do grupo. Eles são as pessoas que naturalmente farão os contatos externos ao grupo bem como as negociações.

2.12.3 O Coordenador

A característica principal dos coordenadores é a sua capacidade de induzir os outros a trabalharem em favor de objetivos comuns. De forma consciente, eles delegam as funções com agilidade e confiança. São capazes de detectar os talentos individuais, a partir de relações interpessoais, e utilizá-los para atingir os objetivos do grupo. Apesar de não serem os mais inteligentes da equipe, eles frequentemente ocupam postos de comando sobre os demais.

Os Coordenadores exercem uma função dentro das equipes. Eles são melhor alocados quando estão em equipes que contem pessoas com maior variedade de habilidades e características pessoais. As habilidades do Coordenador se mostram mais eficientes quando estão lidando com colegas do mesmo nível.

2.12.4 O Articulador

Os articuladores são pessoas com elevada motivação, entusiasmo e energia. Costumam ser extrovertidos, enérgicos e de grande impulso. Articuladores gostam de compe-

tir com outros e se preocupam em vencer. Possuem tendências em liderar e impulsionar os outros a agirem. Eles são persistentes e respondem fortemente a emoções resultantes de decepções e frustrações. Articuladores são indivíduos determinados. Possuem alto poder de argumentação e as vezes se mostram sem nenhuma sensibilidade nas relações com outras pessoas. São indivíduos extremamente competitivos.

Os articuladores tem suas funções dentro dos grupos: Em geral, eles são bons gerentes devido à característica de agirem de forma apropriada, quando colocados sob pressão. Eles são bons para motivar a equipe e se comportam bem em grupos onde há complicação políticas. Além disso, os articuladores tem facilidade em superar problemas políticos. Eles também se sentem à vontade para realizar as mudanças necessárias, sem se preocupar que suas ações são impopulares. Como o próprio nome sugere, eles tentam impor algum modelo em uma discussão ou atividades realizadas em grupo.

2.12.5 O Facilitador

Os facilitadores são os membros da equipe que proveem o maior apoio aos membros do grupo. Eles são brandos, sociáveis e preocupados com os outros. Possui boa flexibilidade e grande capacidade de adaptação a diferente circunstância e pessoas. Facilitadores são perceptivos e diplomáticos. Além disso, são bons ouvintes e pelas características sociáveis apresentadas, costumam ser bastante populares entre os membros do grupo. Eles tem sensibilidade ao realizarem os trabalhos. Contudo, podem se mostrar indecisos em situações de crise.

Os facilitadores possuem um papel relevante nos grupos. Geralmente, o papel dele é prevenir que hajam conflitos entre os membros do grupo, bem como permitir que todos os membros contribuam de maneira efetiva. Não gostam de situações de atrito e estão dispostos a sacrifícios para evitá-las. Em razão disso, não é incomum ocorrer situações onde um facilitador se torna gerente sênior, mesmo havendo um indivíduo articulador exercendo domínio. Isso cria um cenário onde as habilidades perceptivas e diplomáticas do facilitador se tornam realmente fortes, sob um regime gerencial onde a existência ou surgimento de conflitos são possíveis. Facilitadores exercem uma função de 'lubrificante' nas equipes. As pessoas parecem se tornar mais dispostas a colaborar quando há um facilitador por perto.

2.12.6 O Implementador

Implementadores possuem senso comum prático e bom autocontrole e disciplina. Eles trabalham duro e enfrentam os problemas de forma elegante. De um ponto de vista mais amplo, implementadores são pessoas leais e interessadas no grupo. Estão menos

preocupados com em buscar os interesses próprios. Entretanto, implementadores podem não ter espontaneidade e mostrar sinais de rigidez.

Implementadores cumprem funções no grupo. Eles são úteis para uma organização do grupo, por causa de sua confiança e capacidade para aplicar-se. Os implementadores são eficientes e tem um senso do que é factível e relevante para o trabalho ou contexto em que está sob exame. Além disso, eles executam as tarefas mesmo que não gostem delas. Devido a disciplina e boas habilidades gerenciais, é comum implementadores ocuparem cargos de gerência.

2.12.7 O Analista

Analistas são conhecidos pela seriedade. Geralmente são bastante comedidos e não se mostram facilmente entusiasmados. Costumam ser lentos ao tomar decisões e preferem pensar sobre elas. Usualmente eles tem um alto senso crítico. Eles tem boa capacidade para realizar julgamentos que envolvem múltiplos fatores. Bons analistas raramente erram.

Os analistas exercem funções dentro das equipes, sendo melhores quando estão analisando problemas e avaliando as propostas e sugestões. Eles são muito bons para balancear os prós e contras. Para muitos que não fazem parte da equipe, ele pode parecer chato, seco e extremamente crítico. Não obstante, muitos analistas ocupam postos de cunho estratégico e costumam subir bem na carreira nas organizações.

2.12.8 O Realizador

Os realizadores tem grande capacidade para acompanhamento dos trabalhos realizados pelo grupo de forma atenta. Eles não gostam de iniciar algo que não possam concluir. Eles são movidos por uma ânsia interna, embora a aparência externa de serenidade. Realizadores não costumam delegar, preferem resolver as tarefas eles mesmos.

Os realizadores exercem funções dentro dos grupos. Realizadores são importantes na execução de trabalhos que exigem alta concentração e grau de precisão. Eles alimentam a ideia de que os trabalhos dentro da equipe devem ser realizados com a maior rapidez possível e são bons em cumprir os compromissos dentro do cronograma. Na gestão, eles se destacam pelo alto padrão que desejam, pela sua preocupação com a precisão, atenção aos detalhes e acompanhamento dos trabalho.

2.12.9 O Especialista

Os especialistas são indivíduos dedicados e se orgulham de seus conhecimentos técnicos e habilidades. A prioridade dos especialistas é manter padrões profissionais e

promover suas próprias ideias. Enquanto eles se orgulham de seus próprios predicados, eles frequentemente não se interessam por outras pessoas. Eventualmente, o especialista se torna o perito pelo compromisso absoluto ao longo do tempo. Poucas pessoas têm tanta determinação ou aptidão para se tornar um especialista.

Especialistas são indispensáveis para as equipes, porque eles proveem competências raras que a organização ou produto necessitam para serem desenvolvido. Como gerentes, eles atuam como apoio de comando, pois eles sabem mais sobre seu assunto do que ninguém e geralmente podem ser chamados para apoiar a tomada de decisões baseadas em sua ampla experiência.

Como observado, cada membro de um grupo possui um determinado perfil e, segundo o modelo Belbin, exercem diferentes papéis dentro dos grupos. O trabalho apresentado por Yannibelli e Amandi [201] procurou balancear o grupo com base no modelo proposto por Belbin.

Devido à notória importância do exercício natural dos papéis preferidos pelos indivíduos, nesse trabalho foi adotado o modelo de papéis de Belbin[22]. Para viabilizar este exercício natural de papéis é preciso antes identificar os papéis que os indivíduos preferem para depois agrupar estes indivíduos em grupo de acordo com a preferência de cada um. Por isso a adoção do modelo Belbin. A tabela 2.3 resume as características do modelo Belbin.

Além disso, este trabalho trata também de papéis funcionais que aparentam serem opostos mas que coexistem dentro da organização e não guardam correlação com os papéis naturalmente exercidos, mas são importantes fontes de diversidade dentro dos grupos.

2.13 Diversidade de papéis funcionais

Preliminarmente, é importante construir o conceito de diversidade. No conceito mais amplo, refere-se à diversidade como sendo qualquer característica que torne pessoas diferentes umas das outras. Permeando estas diferenças, existem as mais variadas dimensões, incluindo, porém não se limitando, a etnia, raça, cultura, gênero, orientação sexual, idade, crença religiosa, situação econômica.

A partir desta diversidade, vários estudos foram feitos para agrupar estas diferenças, sob diferentes aspectos como: comportamentais (timidez, comunicação), preferências, sociais (etnia, cultura), ou até mesmo próprias do ser humano (raça, gênero, cor). De acordo com Aggarwal [5], há uma política comum nas organizações de que a diversidade está relacionada com a forma de pensar, comportar e agir de maneira diferente e que se pode criar ambientes heterogêneos agrupando indivíduos a partir da etnia, raça, cultura, gênero, orientação sexual e outros fatores.

Tabela 2.3: *Quadro resumido dos papéis do modelo Belbin*

Papel	Contribuições	Fraquezas
Coordenador	Cuidadoso, confiante, um bom líder. Deixa as metas bem claras, promove o processo decisório e sabe delegar.	Pode ser visto como uma pessoa manipuladora. Delega o trabalho das pessoas.
Articulador	Desafiador, dinâmico, consegue bom progresso sob pressão. Conhece os caminhos e tem coragem para superar os obstáculos	Pode provocar as outras pessoas. Fere os sentimentos das pessoas.
Pensador	Criativo, de imaginação fértil e heterodoxo. Resolve problemas difíceis.	Ignora os detalhes. Preocupado demais para comunicar eficazmente.
Investigador de Recursos	Extrovertido, entusiasmado, comunicativo. Explora as oportunidades. Cultiva os contatos.	Excesso de otimismo. Perde o interesse uma vez que o entusiasmo inicial tenha passado.
Especialista	Capaz de fixar um objetivo principal, possui iniciativa, dedicado. Fornece conhecimento e habilidades importantes.	Contribui apenas em uma pequena frente. Vive em ambiente muito técnico.
Implementador	Disciplinado, confiável, conservador, eficiente. Transforma ideias em ações.	As vezes é inflexível. Lento para responder sobre novas possibilidades.
Facilitador	Cooperativo, calmo, perceptivo, diplomático. Ouve, constrói, evita atritos, acalmador das águas.	Indeciso em situações de crise. Pode ser facilmente influenciado.
Analista	Sóbrio, estratégico, exigentes. Vê todas as opções. Emite juízo com precisão.	Falta de condução e capacidade de inspirar os outros. Excessivamente crítico.
Realizador	Meticuloso, consciente, ansioso. Busca suprir erros e omissões. Entrega no tempo.	Inclinado a se preocupar indevidamente. Relutantes em delegar. Pode se preocupar com detalhes insignificantes.

Esclarecido o conceito mais amplo de diversidade, a diversidade funcional se refere, no escopo deste trabalho, à propriedade de exercer diferentes papéis dentro da organização.

A compreensão da diversidade funcional é importante para criação do conhecimento dentro da organização. Isso se deve ao fato de que, apesar do compartilhamento de missão e visão, as pessoas exercendo funções diferentes dentro da organização, são influenciadas por estas funções a relacionarem as decisões e esforços criativos no sentido de atender as necessidades funcionais.

A diversidade deve ser tratada a partir da compreensão de que grupos diversos podem trazer conhecimentos e visões diferentes, importantes e relevantes sobre como o trabalho pode ser feito, o que pode trazer formas diferentes de desenhar processos, alcançar metas, entre outras [130].

Apenas para exemplificar, considere uma organização que atua no segmento de prestação de serviços de TI e que tenha seus processos baseados no ITIL [35, 112]. Se for reunido em uma sala o executivo de TI (CIO), o gerente de capacidade dos serviços de TI e o gerente do processo de gerenciamento de incidentes para discutirem sobre um novo serviço que será lançado, cada um deles terá visões diferentes sobre o serviço. O primeiro deles estará preocupado em como este serviço entregará valor para o negócio. O gerente de capacidade estará preocupado se a TI tem capacidade de entregar o serviço com os recursos que dispõe e o gerente de incidentes examinará sob a perspectiva de restauração do serviço quando ocorrerem falhas ou degradação da qualidade.

O exemplo acima apresenta o cerne da diversidade funcional que esta dissertação busca amplificar: o compartilhamento das diferentes visões para construção do conhecimento dentro da organização.

Apesar da correlação entre as funções citadas no exemplo acima, há papéis funcionais que assumem posições aparentemente antagônicas. O termo "aparentemente" foi empregado pelo fato de que há pouca diferença prática entre eles, considerando que há um compartilhamento de metas, visão e missão na organização e se tratam de forças convergentes, cada qual guardando sua característica, mesmo que aparentem ser opostas.

Exatamente sobre este caráter aparentemente dicotômico que reside uma questão fundamental para criação do conhecimento na organização, segundo Takeuchi [183] que é a dialética. Este assunto foi bem discorrido na seção 2.2, sendo que a transformação das dicotomias em vantagem educacional foi apresentando na seção 2.4.

2.14 Algoritmos Genéticos

Algoritmos genéticos (AG) são métodos de busca e otimização baseados em população que buscam imitar métodos naturais de evolução. Os dois conceitos chave

desta abordagem algorítmica estão na evolução natural composta pela seleção natural e melhoramento genético [57] [84] [123].

Esses algoritmos tem sido amplamente aplicados para solução de problemas de otimização [34, 127] e serão apresentados nas seções subseqüentes.

2.14.1 Introdução

Um dos desafios para a computação moderna é obter o máximo de performance com o mínimo de esforço. Embora a capacidade de processamento aumente muito rapidamente, há problemas de otimização que precisam ser resolvidos, os quais a aplicação de métodos exatos não bastam para resolver, devido à sua complexidade computacional.

Otimização consiste no estudo de problemas no qual se busca minimizar ou maximizar uma função através da escolha sistemática dos valores de variáveis reais ou inteiras dentro de um conjunto viável. Para isso, lança mão de algoritmos, chamados algoritmos de otimização, que são métodos de busca cujo objetivo é encontrar uma solução ótima [58], seja ela um ótimo local ou global.

Nesta senda, surgem os algoritmos genéticos (GA) que são, possivelmente, o primeiro modelo algorítmico desenvolvido para simular sistemas genéticos. Engelbrech [58] menciona em seu trabalho que os GAs foram propostos primeiramente por Fraser e mais tarde por Bremermann e Reed et al., porém um trabalho intensivo sobre o assunto foi realizado por Holland, o que tornou este último responsável pela popularização dos GAs. Ainda de acordo com o autor, é por isso que Holland é geralmente considerado o pai dos GAs [58].

Algoritmos genéticos são um ramo dos algoritmos evolucionários e podem ser definidos como uma técnica de busca baseada numa metáfora do processo biológico de evolução natural. Eles são inspirados na teoria da seleção natural proposta por Darwin em 1859 [45].

A ideia principal de um GA é gerar indivíduos (cromossomos) dentro de uma população (grupos de soluções), e em seguida, usando operadores genéticos, estes indivíduos são recombinaados para produzirem descendentes, de modo que os melhores indivíduos, ora representando soluções factíveis, tenham maior probabilidade de gerarem descendentes, tornando as soluções melhores a medida que novos descendentes são gerados.

Como já foi mencionado, algoritmos genéticos são métodos de busca heurísticos, inspirados no processo de evolução natural. No contexto deste trabalho, heurística trata de métodos ou algoritmos exploratórios para solução de problemas. As soluções são buscadas por aproximações sucessivas, avaliando-se os progressos alcançados, até que um ótimo local de boa qualidade seja encontrado. De modo sucinto, estes algoritmos

combinam melhores indivíduos (soluções) de uma determinada população (conjunto de soluções) com uma forma estruturada de troca de informações genéticas entre dois indivíduos para formar uma estrutura heurística de busca.

Na prática, GAs são métodos heurísticos de otimização. A otimização, de modo geral, enfrenta alguns problemas, como espaços de busca muito grandes, incapacidade de muitos algoritmos de localizar ótimo global quando aplicados em espaços de busca os quais hajam múltiplos ótimos locais, os quais levam o algoritmo a ficar preso a um ótimo local, como por exemplo o algoritmo *Hill-Climbing* [175] [120].

Uma maneira usual de resolver problemas de otimização é aplicando algoritmos que realizam a busca exaustiva, isto é, eles varrem todo o espaço de busca e retornam a melhor solução encontrada. Entretanto, um espaço de busca grande onde haja muitas restrições torna o uso de busca exaustiva proibitivo. Por outro lado, a aplicação de métodos heurísticos de busca são uma boa alternativa. Apesar de não haver garantia de que a solução encontrada será, de fato, o ótimo, os algoritmos tentam encontrar uma solução satisfatória, ou seja, próxima do ótimo, tudo isso utilizando um esforço computacional considerado pequeno. Por esta razão, algoritmos genéticos foram utilizados para solucionar este problema.

2.14.2 Características dos algoritmos genéticos

Em sistemas naturais, um grupo de cromossomos se combina para formar as características genéticas básicas do indivíduo. Em genética, os cromossomos são formados por genes, que podem ter uma sorte de valores, denominados alelos. Por sua vez, a posição do gene é chamado locus. Há ainda outros termos importantes, são eles: genoma, genótipo e fenótipo.

Um fenótipo é a interação do conteúdo genético com o ambiente. Genoma é significado do pacote genético e, finalmente, genótipo é a estrutura do cromossomo. A tabela 2.4 resume estes termos.

Genética	Algoritmo Genético	Observação
Cromossomo	Indivíduo / string	Pode representar uma solução possível.
Gene	Característica	Característica apresentada pela solução (cromossomo)
Alelo	Valor	Em strings binárias, 0 ou 1, por exemplo.
Genótipo	Estrutura	Estrutura dentro do GA
Fenótipo	Conjunto de parâmetros	Parâmetros do algoritmo
Genoma	Não há correspondência	Não se aplica

Tabela 2.4: Representações em algoritmos genéticos

Os algoritmos genéticos possuem características específicas, dentre as quais destaca-se:

1. Utilizam técnicas probabilísticas: Por não serem técnicas determinísticas (métodos exatos), podem ser encontradas soluções diferentes a cada execução do algoritmo.
2. Programação simples: Necessitam somente de informações locais, não sendo necessárias informações derivadas, o que faz com que possam ser aplicados a problemas que os dados são discretos.
3. Trabalham com grandes populações: O grande diferencial do GA é que ele não realiza a busca em todos os pontos possíveis, apenas em um subconjunto deste.
4. Buscam informações pertinentes ao problema: Não realizam buscas aleatórias pelo espaço de soluções;
5. Trabalham com uma forma codificada de parâmetros: Deve ser definido um esquema de codificação e decodificação destes parâmetros. Isto equivale à representação cromossomial.

A ideia por trás do algoritmo genético é relativamente simples. Primeiro se obtém uma população inicial, representando as possíveis soluções para o problema. Em seguida, seleciona-se as melhores soluções e, em um processo denominado operação genética, recombina-se as soluções para gerar novas soluções derivadas, que são chamadas descendentes. Ao final, os descendentes dão origem à nova população e o processo de seleção se repete até que seja atingido algum critério de parada. O pseudocódigo da Figura 2.4 resume a estrutura de um GA.

2.14.3 A função objetivo

Algoritmos genéticos utilizam uma função objetivo para determinar a qualidade de um indivíduo como solução do problema que está sendo analisado pelo GA.

No entanto, em razão da generalidade do GA, a função de avaliação é a única ligação do programa de computador com o problema real. Embora pareça estranho afirmar isso, esta assertiva se mostra verdadeira quando observa-se que o mesmo algoritmo pode ser usado para encontrar o máximo de toda e qualquer função de n variáveis sem nenhuma alteração das estruturas de dados e procedimentos adotados, mas alterando a função objetivo (que neste caso específico, seria exatamente a função a ser maximizada). Por isso, a função objetivo deve ser escolhida com cuidado. Ela deve materializar todo o conhecimento que se possui sobre o problema, tanto suas restrições quanto seus objetivos de qualidade [55].

Assim como é importante definir uma função objetivo de maneira apropriada para representar as restrições do problema, a seleção dos pais é outro outro ponto crucial nos algoritmos genéticos.

```
0. Faça uma varredura na entrada e
verifique se há pelo menos um gene
diferente dos demais.

1. Inicialize a população de cromossomos.

2. Avalie cada cromossomo na população.

3. Selecione os pais para gerar novos
cromossomos.

4. Aplique os operadores de recombinação
e mutação a estes pais de forma a gerar os
indivíduos da nova geração.

5. Apague os velhos membros da
população.

6. Avalie todos os novos cromossomos e
insira-os na população.

7. Se o tempo acabou, ou o melhor
cromossomo satisfaz os requerimentos e
performance, retorne-o, caso contrário
volte para o passo 3.
```

Figura 2.4: Pseudocódigo do algoritmo genético desenvolvido

2.14.4 Seleção dos pais

Em algoritmos genéticos, a seleção dos pais deve tentar simular o mecanismo de seleção natural que atua sobre as espécies biológicas, em que os pais mais capazes geram mais filhos, mas mesmo os pais menos aptos também podem gerar descendentes.

Com efeito, é necessário privilegiar os indivíduos com função de avaliação alta, sem desprezar completamente aqueles indivíduos com função de avaliação extremamente baixa. Isto ocorre em razão de indivíduos com péssima avaliação podem ter características genéticas que sejam favoráveis à criação de um super indivíduo, características estas que podem não estar presentes em nenhum outro cromossomo de nossa população.

Assim, nenhuma característica genética deve ser desprezada.

2.14.5 Seleção dos pais

Nem todos os indivíduos dentro da população serão recombinados. A seleção é o processo pelo qual os indivíduos que serão recombinados são selecionados. Esta seleção é feita do mesmo modo que ocorre o processo de seleção natural. Os melhores indivíduos

são selecionados para se reproduzirem e gerarem descendentes, ocorrendo esse processo de seleção a cada iteração do algoritmo [81].

Há dois métodos de seleção que são os mais conhecidos. O primeiro é o método da roleta viciada. Para cada cromossomo é atribuída uma fração da roleta, de acordo com o custo do cromossomo. Em seguida é sorteado um número (o que corresponderia a rodar a roleta) e o é selecionado o cromossomo detentor do número.

O segundo é o método que foi adotado para este trabalho, a seleção por torneio. Na seleção por torneio, um número n de indivíduos da população é escolhido aleatoriamente para formar uma subpopulação temporária. Os indivíduos que foram selecionados são comparados e o melhor indivíduo do grupo é selecionado. Para realização do *crossover*, a seleção por torneio é feita duas vezes, uma para cada pai [58]. Este é o método que mais se aproxima do processo de seleção natural [81].

O método de seleção por roleta requer que a população seja ordenada para que uma fração da roleta seja atribuída a cada um dos membros da população. Esta ordenação faz com que o custo seja aumentado. É por isso que a seleção por torneio foi escolhida, pois funciona melhor em populações maiores.

2.14.6 Operadores genéticos

O objetivo básico dos operadores genéticos é transformar a população através de sucessivas gerações, estendendo a busca até chegar a um resultado satisfatório. Os operadores genéticos são necessários para a diversidade da população bem como a manutenção das características de adaptação adquiridas pelas gerações anteriores. Os operadores de cruzamento e de mutação têm um papel fundamental em um algoritmo genético.

A operação *crossover* é extremamente simples. Depois de selecionados dois pais pela função de seleção de pais, eles são recombinados entre si gerando outros indivíduos.

O *crossover* pode ser feito de três maneiras: uniforme, multi ponto e de um ponto. O *crossover* consiste basicamente na seleção de um ponto de corte e um corte nos cromossomos pais para que as partes sejam reagrupados em dois novos cromossomos filhos.

Esta operação pode ser ainda em forma de *crossover* uniforme, onde é gerada uma máscara de bits aleatórios e combinar os bits dos pais de acordo com a máscara. A Figura 2.5 ilustra esse tipo de *crossover*. No caso da Figura 2.5, quando a máscara for igual a 1, significa que o descendente 1 retirará o gene a do pai 1, e se for zero, do pai 2. O descendente 2 será exatamente o inverso.

No *crossover* de um ponto, um ponto de corte é estabelecido e o cromossomo cortado naquele ponto. Em seguida, as partes dos cromossomos cortados são soldadas

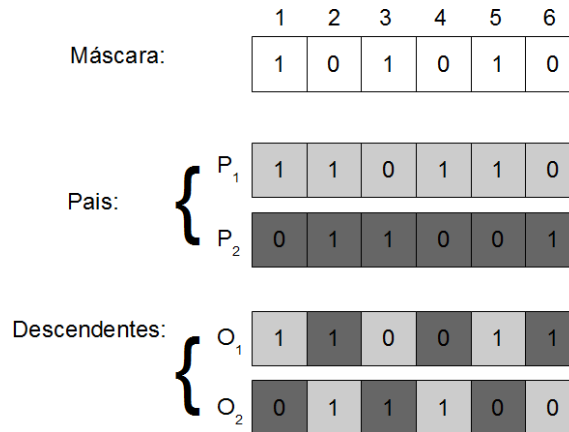


Figura 2.5: *Crossover Uniforme*

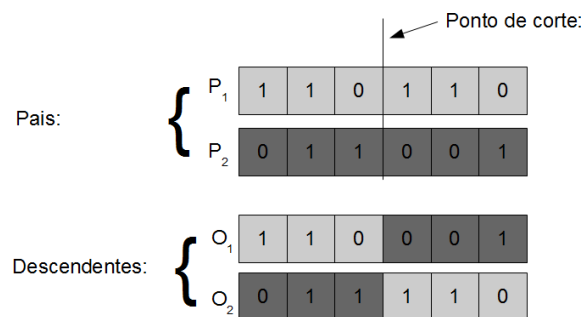


Figura 2.6: *Crossover de um ponto*

inversamente uma em outro cromossomo, dando origem à dois cromossomos diferentes. A Figura 2.6 mostra este processo.

Por último há o *crossover* de múltiplos pontos. A diferença para o crossover de 1 ponto é simplesmente que esta técnica utiliza mais de um ponto de corte. A Figura 2.7 ilustra esta técnica.

2.14.7 Mutação

Esta operação modifica aleatoriamente alguma característica do indivíduo. Esta modificação cria novos valores de características que não existiam ou apareciam em pequena quantidade na população em análise. De acordo com Simon [175], O operador de mutação é importante para a introdução e manutenção da diversidade genética da população, assegurando que a probabilidade de se chegar a qualquer ponto do espaço de busca possivelmente não será zero.

O operador de mutação é aplicado após ocorrer o cruzamento e sua probabilidade é feita por meio de uma taxa geralmente pequena [175].

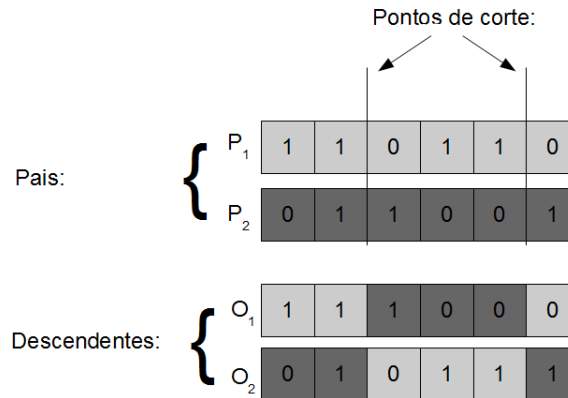


Figura 2.7: *Crossover de múltiplos pontos*

2.14.8 Algoritmos genéticos híbridos

A abordagem trazida nas seções anteriores apresentou o algoritmo genético canônico. De acordo com Holland, a força dos algoritmos genéticos está na habilidade de combinar tanto a exploração abrangente do espaço de busca, chamada *exploitation*, quanto a descoberta de regiões promissoras de busca, isto é, *exploration*, durante a busca [84].

Algoritmos genéticos trabalham com população de tamanho limitado. Em razão disso, eles podem trabalhar com amostras da população que representam regiões de busca ruins [114]. Um método de busca local pode ajudar a obter melhores representações de diferentes locais de busca, movendo a busca para outro ponto no espaço de busca [114], o que pode reduzir a possibilidade de convergência prematura.

Desse modo, ao incorporar um método de busca local, é introduzido novos genes que irão ajudar a combater a convergência prematura [11] provocada pela acumulação de erros estocásticos de amostragem [188]. Realizando uma busca local na população do algoritmo genético pode-se introduzir diversidade e resistir à desvios genéticos [57].

Além do problema da convergência prematura, existe dificuldade em encontrar a melhor solução na melhor região causada pela incapacidade dos operadores do algoritmo genético em deslocarem através das soluções vizinhas [71]. Aplicando um método de busca local dentro do algoritmo genético a habilidade de exploração abrangente do espaço de busca (*exploitation*) pode ser melhorada sem limitar a capacidade de exploração de novos espaços (*exploration*) [80]. Assim, a combinação entre algoritmo genético e um método de busca local podem fazer com que a velocidade da busca na localização do ótimo global seja mais rápida [57].

Holland [84], citado por Michalewicz [123] p. 107, sugere que algoritmos genéticos deveriam ser usados como um mecanismo de busca inicial, antes de aplicar uma busca local para otimizar a população final. Desse modo, a eficiência de uma busca local em alcançar uma condição local complementa a habilidade de um algoritmo genético em

```
Início
  Defina o ponto de partida;
  Repita
    MelhorNo ← noatual
    Mova para o próximo vizinho
    Se o noatual melhor que melhorNo então
      Melhorno ← noatual
    Senão
      Retorne ao nó anterior
  Até que o critério de parada seja atingido
Fim
```

Figura 2.8: Pseudocódigo do algoritmo *Hill Climbing*

isolar regiões mais promissoras do espaço de busca [57].

Em razão disso, algoritmos genéticos que implementam busca local apresentam resultados superiores quando comparados aos algoritmos genéticos canônicos [24, 80]. Por isso, propomos neste trabalho a adoção desta técnica algorítmica para tratar o problema de formação de grupos para aprendizagem colaborativa o que traz como contribuição a confirmação da eficiência da mesma para tratar o problema aqui apresentado e modelado na seção seguinte.

2.14.9 Busca Local

Uma busca local pode ser definida como um método de busca onde um ponto de partida é definido, selecionado e avaliado. Em seguida, de modo iterativo, é movido em uma determinada direção, repetindo-se o ciclo até que um critério de parada seja alcançado [58, 20].

O *Hill-Climbing* foi o método de busca local adotado nesse trabalho. Este método trata-se de um algoritmo iterativo que inicia em um ponto do espaço de busca e tenta encontrar soluções melhores alterando um único elemento da solução, de modo a movê-lo pelos vizinhos. Se a mudança obter uma solução melhor que a anterior, ele se move para ela e procura outras novas até que o critério de parada seja alcançado [167]. O pseudocódigo da Figura 2.8 apresenta a maneira pela qual este algoritmo funciona.

A razão pela adoção do algoritmo *Hill Climbing* para este trabalho está no fato de que o Algoritmo Genético Canônico será executado para buscar soluções e, ao atingir o critério de parada, terá alcançado uma determinada solução. Esta solução alcançada será o ponto inicial de busca do algoritmo *Hill Climbing*. Se a busca local não conseguir alcançar solução melhor que o ponto inicial, a melhor solução da execução será o próprio ponto inicial.

Algoritmo Evolutivo para formação de grupos para CSCL@Work

No Tribunal de Justiça do Estado de Goiás (TJGO) é realizado, bienalmente, um encontro presencial para integração dos funcionários. Entre outros objetivos, este encontro visa reduzir a diferença entre os funcionários, proporcionar um ambiente de trabalho mais harmônico e sobretudo difundir o conhecimento organizacional criado pelos funcionários.

Durante este encontro são ministradas oficinas nas quais funcionários de diferentes localidades geográficas se reúnem em um mesmo ambiente para aprender e discutir sobre temas relativos aos trabalhos que são desenvolvidos nas diferentes unidades bem como apresentar possíveis mudanças que podem melhorar o desempenho das atividades das unidades. Esporadicamente eram formados grupos para discutirem determinados assuntos, durante essas oficinas, e para ampliar os debates.

Percebendo o ganho gerado pelas oficinas, sobretudo aquele relacionado à criação do conhecimento organizacional, a instituição resolveu apostar em ferramentas que facilitassem essa integração e a difusão do conhecimento entre as diferentes unidades da instituição. Em 2010 foi iniciado um projeto para educação à distância (EaD) com vistas a oportunizar a funcionários de diferentes localidades geográficas a participação em treinamentos que antes eram oferecidos somente aos funcionários que se encontravam na capital. Este projeto procurou ministrar cursos via EaD sobre os mais diversos temas, escolhidos pela relação que guardava com as atividades institucionais. A plataforma adotada pela instituição foi o Moodle.

O primeiro tema escolhido para ser tratado era a gestão de fundo rotativo, que pode ser definido como um recurso financeiro disponibilizado para pagamento de pequenas despesas. Este tema foi escolhido pela organização em razão da dificuldade vivenciada pelas unidades instaladas no interior do estado, sobretudo àquelas mais distantes geograficamente da capital.

Estas unidades não dispunham de recursos financeiros para aquisição de insumos necessários para realização dos trabalhos e a ação de treinamento visava capacitar os funcionários a gerir e prestar contas dos recursos que seriam futuramente repassados.

Depois disso, houve a disseminação do EaD nas unidades judiciárias se tornando o principal veículo de transmissão de conhecimento utilizado na instituição.

3.1 A operacionalização do EaD na instituição

Após a disseminação do EaD, o TJGO promoveu ações para recrutamento de conteudistas para elaborarem o conteúdo e didática das aulas. Além disso, procurou formar monitores, que são os que acompanham os alunos durante os trabalhos de treinamento.

Paralelo a isso, desenvolveu um sistema para gerenciar as demanda e inscrições, no caso, feitas via formulário eletrônico disponibilizado na intranet onde os funcionários se inscrevem para os cursos. A medida que eles vão se inscrevendo, um programa de computador vai distribuindo os mesmos nas turmas que foram criadas. Para exemplificar, considere 200 vagas para 4 turmas. Os primeiros 50 inscritos ocuparão a turma 1, os próximos 50 a turma 2 e assim sucessivamente. Caso não haja interessados suficientes ou uma turma fique com quantidade muito pequena de alunos, pode ser feita uma redistribuição dos alunos.

Diversos cursos foram disponibilizados para os funcionários. Os funcionários acessam o conteúdo através da rede local (intranet), onde leem o conteúdo das aulas e fazem exercícios, geralmente feitos individualmente. Ao final do curso, são quantificadas as atividades realizadas e os funcionários avaliados, sendo aprovados ou não, de acordo com a meta estabelecida, fazendo jus ao recebimento do certificado, se aprovados.

Como se observa, o modelo utilizado ainda é tradicionalista, onde a interação está limitada a máxima de homem-máquina; os alunos aprendem sozinhos através da leitura e exame dos conteúdos e exercícios de fixação, na maior parte das vezes apoiados apenas de fundamentos teóricos. Por isso, este trabalho propõe a substituição do modelo adotado pela aprendizagem colaborativa e apresenta um algoritmo evolutivo que explora a diversidade entre os funcionários para agrupá-los de maneira apropriada com vistas a maximizar a aprendizagem e o compartilhamento do conhecimento tácito, baseado na teoria da espiral do conhecimento de [135].

Os principais aspectos relacionados à diversidade e o CSCL na organização serão apresentados nas seções subsequentes.

3.2 O CSCW e CSCL na organização

No TJGO é comum ocorrer a formação de grupos na organização para realização de determinados trabalhos. Esses grupos são denominados internamente de "comissões". Um exemplo disso é a comissão permanente de licitação criada pelo Decreto 416/2010

[149], onde foram selecionados funcionários com diferentes vínculos institucionais, com ou sem gratificação e também que atuam em diferentes áreas funcionais. A prática de edição de atos para constituição de comissões é muito comum, conforme se nota nos Decretos Judiciários [150] publicados no Diários da Justiça Eletrônico.

A prática determinou também que todas as comissões criadas possuem um presidente formalmente designado. No entanto, o que se observou na execução dos trabalhos é que nem sempre as pessoas designadas para presidir a comissão exercem papel de líder sobre os demais, constituindo-se de uma liderança mais no sentido formal do que propriamente comportamental dentro do grupo.

Além destas comissões, comumente são criados outros grupos para realização de trabalhos temporários e dentro de um determinado projeto. Um exemplo disso são as equipes de auditoria. A questão sobre formação de grupos de auditores para realizar auditorias foi tratada por Caetano et al. [34].

Não obstante a realização destes trabalhos em grupo, observa-se o aproveitamento deste tipo de formação para fins de criação do conhecimento institucional ainda é uma barreira a ser superada, sobretudo a exploração de diversidade para construção deste conhecimento. A partir da análise dos atos de designação de comissões, observa-se que a formação dos grupos guardam correlação direta com a função exercida pelos funcionários dentro da organização e a finalidade do trabalho. Esta característica implica homogeneidade no grupo.

Neste aspecto é importante lembrar o estudo conduzido por Mark [116] que constatou que a diversidade permite que o mesmo objeto fique sujeito a diferentes atividades especializadas, opiniões, perspectivas e interesses, o que pode levar à manipulação de diferentes maneiras. Enquanto grupos homogêneos podem apresentar interpretações semelhantes para alguns objetos, muitas vezes ocorre a cooperação entre os membros de grupos heterogêneos, cujas perspectivas podem ser bastante diversificadas.

Embora a formação das comissões não seja objeto de estudo neste trabalho, a apresentação dela é importante para caracterizar o paradigma instalado na organização e enfatizar a necessidade de seu rompimento como agente promotor da criação do conhecimento. De acordo com Takeuchi [183], uma das principais fontes do fracasso das organizações no processo de criação do conhecimento está na tendência destas organizações para eliminar os paradoxos, tornando-se presas a rotinas criadas por sucessos passados. Romper o paradigma implica propor ideias novas, que inicialmente são tratadas como paradoxos e essa propositura somente é possível se houver uma visão do objeto sob diferentes perspectivas, o que justifica a diversidade.

Ainda na esteira do trabalho cooperativo, existem na organização iniciativas de educação à distância, sobretudo para difundir a cultura e conhecimento organizacional para os colaboradores. Este trabalho de educação recebeu o incremento da ferramenta de

educação à distância (EaD).

No entanto, apesar do reconhecimento do potencial da aprendizagem colaborativa baseada em computador (CSCL), as atividades educacionais no EaD na instituição são limitadas à interações homem-máquina e tutoria dos cursos. Não há formação de grupos para realização de trabalhos entre os funcionários ou construção colaborativa do conhecimento, apesar da existência de recursos tecnológicos para promoção do CSCL. Desse modo, propomos a formação de grupos para aprendizagem colaborativa formando-se equipes virtuais, aproveitando as ferramentas de educação à distância existentes na instituição como fonte de criação de conhecimento na organização.

3.3 A diversidade de funcionários na instituição

Na instituição existem pessoas com as mais diversas características e exercendo diferentes atividades. Cada uma destas pessoas carrega conhecimento construído ao longo do tempo de trabalho, denominado conhecimento tácito, e, em tese, compartilhado com os colegas que exercem as mesmas atividades.

Um levantamento realizado junto ao Departamento de Recursos Humanos do órgão constatou que, embora a formação predominante seja o curso de direito, existem funcionários formados nas mais diversas áreas. Esse fator possibilita que um determinado trabalho seja realizado por pessoas de diferentes áreas. Por exemplo, o trabalho de fiscalização feito pelo órgão de controle interno é exercido por pessoas da área de arquitetura, engenharia, contabilidade, direito, economia e ciência da computação.

A partir desta informação, observa-se que há conhecimento disponível sobre as mais diversas disciplinas. Além deste conhecimento diversificado, no ambiente de trabalho existe ainda a diversidade funcional que introduz novos pontos de vista nas discussões de questões.

Apesar da existência de elementos que contribuem para o desenvolvimento de atividades colaborativas, a exploração deste assunto na instituição é incipiente, não obstante os diversos estudos que atestaram as vantagens de se trabalhar em equipe. Essa assertiva é corroborada pelos estudos realizados por Janis [88], que constatou que, se um grupo possui membros com pontos de vista parecidos, as decisões fluem de maneira mais fácil, porém a efetividade das decisões pode ser prejudicada pois diferentes opiniões, perspectivas e métodos deixam de ser analisados por não serem apresentados face a homogeneidade do ponto de vista dos componentes do grupo.

Brophy [30] sugeriu que os grupos com diferentes preferências e habilidades, conhecimentos e configurações serão mais eficientes durante a resolução de problemas. Por meio de evidência empírica, Cox chegou à conclusão de que a diversidade de perspectivas pode estimular processos criativos [43]. Guzzo e Dickson [75] também

concluíram que a heterogeneidade contribui para a efetividade dos trabalhos em equipe quando elas realizam atividades intelectuais que exigem criatividade.

De fato a criatividade deve ser estimulada dentro da organização como agente fomentador de vantagem competitiva. Por isso as organizações têm buscado promover ambientes que estimulem processos criativos, com vistas a inovação. Uma das formas é estimular a criação do conhecimento através da inclusão de indivíduos com características e comportamentos diferentes para que estas diferenças estimulem o processo criativo.

3.4 As dicotomias encontradas na instituição

Nas organizações existem relações entre as pessoas que, por sua natureza ou relevância, assumem posições aparentemente antagônicas ao ponto de serem vistas como dicotomias. Estas características dicotômicas são apresentadas para propor a criação da espiral do conhecimento defendida por Takeuchi e Nonaka [183].

Para propor uma abordagem que utilize algoritmos evolutivos para formação de grupos em ambientes colaborativos é necessário preliminarmente conhecer o ambiente e identificar as características funcionais ali existentes. Estas características são essenciais, pois em se tratando de ambiente de trabalho.

Para isso, foi feita uma investigação junto à organização e ao sindicato dos funcionários para identificar características funcionais cuja natureza da atividade colocava indivíduos em posições diferentes dentro da organização ou modelava comportamentos aparentemente antagônicos. Esta investigação empregou a análise de conteúdo como método para categorização, descrição e interpretação das informações.

Segundo Bardin [15], a análise de conteúdo é o conjunto de técnicas de análise de comunicações. Uma comunicação pode ser definida como o transporte de significados de um emissor para um receptor [15], estando na forma escrita ou não. De acordo com Moraes [126], a análise de conteúdo conduz a descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, que ajudam a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados, num nível que ultrapassa aquele que seria obtido a partir de uma leitura comum.

Quanto às análises qualitativas e quantitativas, Bardin [15] esclarece que na análise quantitativa o que serve para o investigador é a frequência com que certas características surgem no conteúdo. Já na análise qualitativa, o que interessa é a presença ou ausência de uma certa característica ou conjunto de características na fração da mensagem que está sob análise.

Assim, preliminarmente, foi realizada uma análise qualitativa do contexto para verificar a existência das dicotomias. Por isso, foram feitas entrevistas com a Presidenta

do Sindicato dos Servidores e a Diretora de Desenvolvimento Humano da Diretoria de Recursos Humanos para levantar as principais queixas feitas por funcionários.

A partir das queixas, foram conduzidas investigações para apurar se a causa provável estava relacionada com as funções desempenhadas pelos funcionários. As atribuições, cargos e funções desempenhadas pelos funcionários que reclamavam foram analisadas, bem como a lotação, isto é, o local onde o funcionário exerce as atribuições e responsabilidades do cargo público. As informações foram extraídas do portal da transparência [152], Lei Estadual nº 17.663, de 14 de junho de 2012 [68], Regimento Interno [147], Decreto Judiciário 1693/2008 e alterações posteriores.

Após a análise do conteúdo destes documentos, as reclamações e as informações sobre os reclamantes foram categorizadas para identificação das características dos reclamantes, as quais distanciavam as atribuições deles e fazia com que houvessem queixas mútuas. A constatação destas características poderia subentender que os reclamantes ocupavam posições aparentemente opostas, tornando-as dicotômicas.

Concluída esta categorização e análise, foi identificada correlação dos conteúdos analisados em quatro dimensões principais que aparentemente deixavam os funcionários em posições opostas, as quais eles buscavam apoiar-se para defenderem interesses e pontos de vista dentro da organização. Estas dimensões podem ser vistas como antagônicas pela relação que guardam entre si, sendo eles: vínculo institucional, assimetria da informação, responsabilidade de gestor e controlador e competências centrais e não centrais.

A partir desta identificação e fazendo uso de análise qualitativa, indivíduos foram posicionados dentro de cada dimensão e o grau de divergência de cada uma delas foi medido, remetendo a uma análise também quantitativa, a qual será mais bem detalhada nas próximas seções.

3.4.1 Vínculo institucional

A primeira característica está relacionada ao vínculo com a instituição. A partir do vínculo foi constatado, por meio de observação e entrevistas, que este ele modela comportamentos e pontos de vista dos indivíduos e, pelos comportamentos identificados, leva a crer que duas categorias encontram-se nas posições extremas: funcionários efetivos e comissionados.

Os chamados funcionários efetivos são aqueles cujo ingresso na instituição se deu através de concurso de provas e títulos. Estes funcionários tem alguns benefícios, sendo o principal dele a estabilidade no serviço público; isto é, eles não podem ser demitidos sem que seja obedecido um determinado rito.

Por outro lado há funcionários cujo ingresso se deu através de livre nomeação, ou seja, o titular do poder no momento nomeou aquela pessoa para trabalhar na instituição.

O principal fator que nos fez eleger estas duas categorias de indivíduos foi o fato de que, em diálogo com indivíduos destas categorias, pode-se observar que ambos nutrem pontos de vista distintos, que se comparados entre si formam verdadeiros paradoxos, acerca de assuntos como nepotismo, acesso à cargos públicos, utilização da máquina pública para benefício particular, livre nomeação de funcionários, transparência da gestão entre outros temas correlatos.

Por isso, não é demais afirmar que esta diversidade de pontos de vista enriquece discussões e aprendizado, sobretudo quando se trata de temas nos quais estes estão mergulhados. Além disso, o fato de estarem submersos em pontos de vistas e princípios distintos faz com que a base do conhecimento construído também seja diversa, o que certamente aprimora o processo criativo.

Não apenas os pontos de vistas são diferentes, mas o comportamento com relação à execução dos trabalhos também. Uma diferença de comportamento que pode ser notada é que o primeiro grupo busca realizar ações com vistas a melhorar os trabalhos realizados, já o segundo grupo, geralmente, busca trabalhar maneiras de se manterem no cargo após a troca do alto escalão da gestão. Observou-se ainda acusações mútuas de que haviam funcionários negligentes em ambas as categorias. Por se tratar de questão que iguala as categorias, isto é, existe em ambas categorias, esta característica não foi analisada.

Porém, as “visões” divergentes fazem com que os trabalhos realizados por ambos os funcionários, que muitas vezes estão realizando trabalhos da mesma natureza, sejam de qualidade e finalidades diferentes, sendo comum a ocorrência de conflitos pessoais entre eles. Em decorrência destes conflitos, foi constatado que há dificuldade no compartilhamento de informações entre estes funcionários, inclusive às vezes o diálogo entre eles é mais complexo. Isso reforça a tese de que na organização, estes funcionários assumem papéis dicotômicos.

Após identificado os pontos extremos da dicotomia, foi feita uma busca para tentar encontrar pontos intermediários, identificando, contando e quantificando cada um deles, dando agora aspecto quantitativo à análise de conteúdo realizada. Nesta dimensão de vínculo institucional, outras duas categorias foram identificadas, totalizando 4 categorias. Por isso, efetivos e comissionados assumiram os valores 1 e 4, respectivamente, conforme mostra tabela 3.1, por serem os pontos mais extremos da dimensão.

Conforme mencionado, em relação ao vínculo existem ainda dois tipos de funcionários: terceirizados e cedidos. Cedidos são funcionários efetivos de outra organização e que estão trabalhando na organização estudada sob uma forma de "empréstimo". Terceirizados são funcionários decorrentes de contratos com outras organizações que também são contratadas para fornecerem pessoas para preenchimento de postos de trabalho que, pela natureza das atividades, estão muito distantes daquelas exercidas pela organização. Um exemplo disso são os serviços de limpeza e conservação.

No entanto, é preciso dar tratamento específico aos cedidos e terceirizados, apesar de não terem sido objeto de estudos detalhado. Por isso, a classificação destes dois grupos deve ser feita fora das posições extremas ocupadas por efetivos e comissionados.

Desse modo, no que diz respeito à classificação destes dois grupos, quanto aos cedidos, embora não haja competição com os funcionários efetivos, eles compartilham os sentimentos e dificuldades do acesso à carreira, portanto, há um sentimento tácito de identidade entre estes dois grupos. Contudo, este sentimento não é suficiente para colocá-los em posição "efetivos" ou próximo desta posição, pois há uma tendência para que estes funcionários venham a ocupar cargos de livre nomeação, portanto, o comportamento deles pode se aproximar dos funcionários comissionados. Assim, aos funcionários cedidos foi atribuído valor igual a 2.

Por outro lado, os terceirizados podem vir a ter vínculo tanto comissionado quanto efetivo. Porém, o anseio inicial é se tornar comissionado, apresentando leve tendência. Contudo, em razão do vínculo frágil do funcionário terceirizado e do fato de que a análise de seu desempenho geralmente recaia sobre um funcionário efetivo, há uma identificação entre estes dois vínculos. Corrobora o fato de que alguns terceirizados, sobretudo da área administrativa, se esforçam para conseguirem aprovação em concurso público e assim se tornarem funcionários efetivos, apesar do acesso como comissionado ser teoricamente mais fácil. Por isso, estes funcionários devem ser classificados divorciados dos efetivos, comissionados e também dos cedidos, fazendo com que eles formem uma categoria à parte, recebendo valor igual a 3.

A tabela 3.1 apresenta a taxonomia do vínculo com a instituição, sendo que os pontos mais extremos são efetivos e comissionados, com valores iguais a 1 e 4 respectivamente e que as posições centrais representam indivíduos intermediários.

Tabela 3.1: *Taxonomia do vínculo com a instituição*

Vínculo	Valor
Efetivos	1
Cedidos	2
Terceirizados	3
Comissionados	4

Desse modo, os funcionários foram categorizados de acordo com o vínculo com instituição dentro da taxonomia descrita na tabela 3.1. Porém foi identificada entre os funcionários assimetria na informação, que será tratada como uma dimensão à parte e exposta na seção seguinte.

3.4.2 Acesso à Informação Organizacional

Após analisar os documentos emitidos, observar o comportamento e comunicação verbal com funcionários, foi detectada a existência de um lapso na informação e uma relação entre a distância do local de lotação dos funcionários da capital com a qualidade desta informação. A comunicação verbal faz parte da análise de conteúdo, pois, de acordo com Moraes [126], a matéria-prima da análise de conteúdo pode constituir-se de qualquer material resultado de comunicação verbal ou não verbal, inclusive gravações, entrevistas, etc.

Ao dialogar sobre assuntos referentes à políticas internas da organização, regimento interno, planejamento estratégico institucional, plano de metas, entre outros assuntos, verificou-se que os funcionários lotados na capital e região metropolitana possuíam conhecimento mais acurado do tema do que os outros funcionários lotados em outras regiões. Isso levantou questões do tipo: "Como vocês ficam sabendo disso?" ou "Quando tem dúvidas, onde buscam informações?". As respostas variaram, tendo chamado atenção a resposta dos funcionários lotados na capital, que dizem que quando têm dúvidas procuram pessoalmente as áreas que manipulam a informação, ou seja, os locais onde a informação faz parte das atividades diárias. Neste local os funcionários obtêm a resposta.

Além destes, os funcionários fora da capital e na região metropolitana responderam de forma semelhante, porém este grupo costuma agendar datas as quais terão algum compromisso na capital para ir até o local onde podem obter a informação bem como verificar outras questões pendentes, aproveitando a viagem. Segundo informações, estas viagens ocorrem com relativa frequência. Observou-se neste grupo que eles têm informações apropriadas, porém há um certo atraso na informação.

Por outro lado, há grupos que estão fora da capital e região metropolitana e cujas as viagens ocorrem de maneira mais esporádica. Neste caso, um maior lapso de qualidade de informação foi identificado. Por isso, a segunda dimensão identificada trata exatamente da assimetria da informação, onde características de funcionários que possuem as mesmas atribuições foram analisadas, podendo ou não serem da carreira, mas que estão trabalhando em regiões geográficas diferentes da capital, onde fica a sede da instituição.

Embora os trabalhos guardem relação direta de natureza e geralmente se tratam do mesmo cargo, as diferenças afloraram quando o acesso à informação foi analisado. Os funcionários lotados na sede tem acesso privilegiado às informações e inclusive podem participar dos processos de mudança, além de possuírem veículos de comunicação mais eficazes.

Pelo que foi constatado, as vantagens possuída pelos funcionários que estão na sede possuem fomentam uma assimetria na informação, isto é, uma distância entre a informação que o funcionário que está na capital possui e utiliza para desempenhar seu

trabalho e a informação que é repassada ao funcionário fora da sede, que geralmente é desatualizada.

Não obstante, o fato de não participar do diálogo sobre o processo de mudança fragiliza a relação entre instituição e funcionário, fomentando a dissidência. Desse modo, não se pode tratar este aspecto como duas vertentes antagônicas, onde de um lado estão os funcionários da capital e do outro estão os que não estão na capital. Isso se deve ao fato de que existe a chamada “região metropolitana”, onde várias cidades ficam próximas a capital e o acesso é relativamente fácil à informação, embora seja tratada como fora da capital.

A assimetria da informação de que trata esta perspectiva pode ser comparada ao conhecimento prévio que é utilizado para formação de grupos em CSCL. No entanto, deve haver uma gradação do tratamento da assimetria de informação em subgrupos que trate a assimetria de maneira apropriada, com base, sobretudo, na distância geográfica destas pessoas da capital.

A instituição é dividida em comarcas. Cada comarca compreende uma região que pode abranger várias cidades. Isso implica que entre uma comarca e outra há uma distância geográfica. Evidências empíricas coletadas no curso dos trabalhos apontaram que quanto mais distante a comarca, mais difícil obter acesso ao conhecimento criado na organização, inclusive àqueles que tratam como decisões, execução de projetos institucionais, entre outros. Portanto, embora estritamente empírico, a assimetria é diretamente proporcional à distância da capital.

A partir desta constatação, se fez necessário medir o grau de distância existente e categorizá-los. Para isso, foi lançado mão de estudos cartográficos que apontaram que a comarca mais distante da capital fica a 594km de distância. Uma escala foi desenvolvida na qual o valor 1 representava a capital e o maior valor representaria a cidade mais distante.

A opção por trabalhar com 6 regiões se deve a existência de estudos feitos pela própria instituição que classificava em 4 grandes grupos a região fora da capital e região metropolitana [151], a partir da área geográfica abrangida por uma determinada comarca. Desse estudo originaram as 6 regiões tratadas neste trabalho.

Considerando que a comarca mais distante está a 594km da capital, esta comarca automaticamente receberia valor igual a 6. Fazendo uma proporção direta, a cada 108km da capital seria adicionado 1. Como a primeira categoria está dividida em duas, sendo uma delas a capital e a outra a região metropolitana, foi necessário adicionar 1 ao resultado da equação 3-1. Para exemplificar, considere a comarca de Santa Helena que se localiza a 210 km da capital. Aplicando a equação mencionada, o resultado seria igual a 3, portanto esta seria a classificação desta comarca, o que pode ser confirmada na tabela 3.2.

A tabela 3.2 apresenta a taxonomia desta dimensão. As comarcas foram divididas

em regiões, onde a região 1 representa a capital, inclusive os prédios onde funcionam varas distribuídas na capital. A segunda categoria recebeu número 2 e trata a região metropolitana. A equação 3-1 foi aplicada a partir do terceiro grupo.

$$V = \left[1 + \frac{n}{108} \right] \quad (3-1)$$

Onde:

V = Valor o qual será atribuído ao funcionário;

n = Distância da comarca onde o funcionário trabalha para a capital;

Tabela 3.2: *Taxonomia da assimetria da informação*

Assimetria da informação	Valor
Capital	1
Comarcas da região metropolitana	2
109-216 km da capital	3
217-324 km da capital	4
325-432 km da capital	5
> 433 km da capital	6

Desse modo, os número 1 e 6 representariam a dicotomia da dimensão de assimetria da informação. Ao adicionar estes valores em uma reta, observa-se que quanto mais se aproximarem do extremo pela direita, pior é a qualidade da informação.

Assim, esta dimensão tratou aspectos inerentemente geográficos ao analisar a organização de maneira holística. Além disso, comportamentos divergentes dentro da área de gestão foram observados, tendo como personagens principais os gestores e controladores. A próxima dimensão trata em detalhes este assunto.

3.4.3 Conflito de responsabilidades entre gestores e controladores

Ao analisar aspectos próprios da execução dos trabalhos, como documentação e registros, a existência de dois personagens que buscavam alcançar objetivos aparentemente opostos foi observada. Estes personagens são os gestores e controladores.

Os gestores buscam alcançar o resultado de suas ações o mais rápido possível, com vista a garantir o sucesso e permanência na gestão. Desse modo, tentam eliminar processos e procedimentos que tornem os retorno mais lento, que causem perdas de eficiência ou ainda desperdício de energia, ou seja, esforços que não trazem resultados. Em razão disso, os controles internos, isto é, mecanismos que permitem rastrear e controlar os atos praticados pelos gestores, decorrentes do *accountability*, são vistos como barreiras a serem superadas e tratados como obstáculos, tarefas burocráticas.

De acordo com Schedler, o termo *Accountability* tem sido empregado no setor público, sobretudo para afirmar a noção de prestação de contas e traz duas conotações

básicas: a responsabilização e coação. A responsabilização se trata da obrigação dos funcionários públicos em informar e explicar o que estão fazendo. A coação versa sobre a capacidade de impor sanções aos tomadores de decisão que tenham violado os seus deveres públicos [171].

Apesar de não oficial, uma tradução aceita para *accountability* é "responsabilidade" e ampliando este conceito, no setor público o *accountability* está relacionado à prestação de contas. Para se tornar *accountable* o gestor deve constituir provas do que faz, das decisões que toma na sua gestão. Esta constituição de provas é denominada prestação de contas. Neste ponto que reside a discussão central sobre o assunto, pois o gestor enxerga o rigor da prestação de contas como um ponto estritamente burocrático.

No setor privado, a demanda por investidores institucionais para acessar capital em nível global aumentou a procura por governança corporativa, sendo que esta governança é geralmente manifestada, entre outros, através da prestação de contas [185]. No setor público, a prestação de contas é obrigatória por força da do art. 70 da Constituição [29] e estudiosos afirmam que prestação de contas é um importante fator no combate à corrupção [172].

Com fulcro nisso, na outra ponta estão os órgãos de controle, responsáveis pela auditoria interna, inspeções e outros procedimentos. Para o êxito do trabalho do órgão de controle é necessário que existam os "controles internos" que tornem possível auditar os atos dos gestores.

Assim sendo, pela natureza dos trabalhos realizados, são comuns embates entre os membros dos órgãos de controle e os gestores em situações em que ambos são chamados para discutirem um determinado assunto. O primeiro vai defender a existência de controles e documentação dos atos praticados pelos gestores para que possam ser verificados posteriormente. Já o segundo vai arguir que a instalação destes controles e o formalismo vão atrapalhar o alcance das metas, impactar os custos bem como impedir que determinadas ações sejam praticadas.

No entanto, existem na organização funcionários que não exercem as funções de controle interno tampouco as funções de gestor. Por isso, foi necessário uma nova análise de conteúdo e o reexame de documentos [152, 68, 147, 148] para verificar as atribuições e agrupar os funcionários conforme a tendência dos trabalhos que eles realizavam, criando uma gradação entre o gestor e os funcionários do controle interno.

Durante o reexame dos documentos, foi constatado que havia uma separação dos controles das atividades da área administrativa e da área finalística [148]. Por isso, se tornou necessário avaliar também as atribuições dos funcionários que trabalhavam nas áreas finalísticas.

A partir desta constatação, foi feito o agrupamento e a categorização dos funcionários conforme área de atuação, em escalas onde o menor valor corresponde ao gestor e

os maior se trata da autoridade máxima de controle, caracterizando a dicotomia. Nas partes centrais foram posicionados outros funcionários conforme a proximidade da atuação deles, seja gestão ou controle.

No nível mais avançado de gestão foram classificados os diretores do foro e diretores de área. Os diretores de foro atuam também na área administrativa dos foros e comarcas, enquanto que os diretores de área são os funcionários posicionados nos pontos mais relevantes da área administrativa. Por isso, foram alocados em uma das extremidades, recebendo valor igual a 1. No outro extremo, foram alocados os chefes das áreas de controle, no caso corregedores e controladores internos, responsáveis pelo controles das respectivas áreas, tendo recebido valor igual a 7.

Na próxima categoria, foram agrupados os gestores de fundo rotativo e os secretário de foro em cada um dos lados. Apesar de não serem responsáveis diretos por unidades administrativas ou finalísticas, estes funcionários ocupam esta posição pela proximidade de sua atividade à dos gestores e diretores de foro, exercendo em alguns casos certo grau de assessoramento. Por isso, eles receberam valores iguais a 2. Na outra ponta, foram classificados inspetores da corregedoria e analistas de controle interno em condições semelhantes à do primeiro grupo, porém em trabalhos de controle, por isso foram classificados no mesmo grupo, recebendo valor igual a 6.

Os chefes de escritórios e diretores de divisão que coordenam os trabalhos operacionais da gestão dos gestores do grupo 1 e são apoiados também pelos funcionários do grupo 2, exercendo portanto atividade próxima à estes dois grupos. Por outro lado, há ainda o atestador de fundo rotativo, cuja função é atestar a regularidade da despesa realizada pelo gestor do fundo rotativo. Apesar da rotina deste funcionário ser tipicamente de gestão, por conta da tendência teórica de controle do fundo rotativo e pelo fato de que ele não pertence à categoria dos funcionários que lidam diariamente com controle, estes tiveram que ser posicionados um degrau abaixo dos analistas de controle, portanto, com valor igual a 5.

Na posição central, exercendo uma função teoricamente "neutra", estão os demais funcionários das áreas administrativa e finalística, recebendo valores iguais a 4, que correspondem à mediana da categoria.

A tabela 3.3 demonstra a taxonomia das responsabilidades, deixando evidente a relação entre as categorias 1-7, 2-6 e 3-4. A inclusão de funcionários nestas diferentes classes é interessante porque pode vir a fornecer pontos de vistas diferentes sobre as áreas da organização que agregam valor ao conhecimento construído.

Na categorização das responsabilidades surgiu duas características que, embora tenham sido agrupadas na mesma categoria, estão naturalmente separadas nas organizações e que tem atraído a atenção de pesquisadores: competências centrais e não centrais. Esta característica é importante e para seu estudo foi criada uma dimensão específica

Tabela 3.3: *Taxonomia das responsabilidades*

Área de atuação	Valor
Diretores de área / Diretores de Foro	1
Gestores de Fundo Rotativo / Secretários de Foro	2
Diretores de Divisão / Chefes de Escrivânias	3
Demais funcionários das áreas administrativa e finalística	4
Atestadores de Fundo Rotativo	5
Inspetores da corregedoria / analistas de controle interno	6
Chefes de áreas de controle (Corregedor, Controlador Interno)	7

abordada na seção seguinte.

3.4.4 Confronto das competências centrais e não centrais

Diversos trabalhos na literatura tratam questões referentes à competências centrais e competências não centrais na organização, sobretudo ao potencial destas competências enquanto vantagem competitiva e desempenho organizacional [184, 73, 14, 6, 110]. Estas competências alimentam uma extensa discussão que afeta tanto o setor público como o privado, havendo uma dicotomia implícita entre a chamada competência básicas e competências centrais; e não deixam dúvidas quanto à importância do manejo correto destas características.

O conceito de competências centrais adotado por este trabalho se refere à aqueles apresentados por Prahalad e Hammel como sendo um fator que a organização vê como fundamental para a forma de trabalho da organização [154]. De acordo com estes autores, competências centrais são conhecimentos coletivos na organização especialmente sobre como diversas habilidades de produção e integrar múltiplas fontes de tecnologia de modo a produzir um bem ou serviço. Agha define competência central como o conjunto de conhecimentos que distingue uma empresa e proporciona uma vantagem competitiva sobre as outras [6]. Em outras palavras, se trata da atividade finalística da organização.

Na outra ponta, estão as competências não centrais, também chamadas atividades básicas. Estas competências não centrais adicionam valor, porém são facilmente encontradas no mercado. No caso deste trabalho, denominadas competências não centrais como atividade meio.

As diferenças entre estas competências são latentes no exercício dos trabalhos e podem ser exploradas para criação do conhecimento pois, além dos aspectos motivacionais, tratam outras questões já consagradas na literatura, como por exemplo a criatividade.

A obtenção destas categorias exigiram novamente o cotejo do conteúdo dos documentos para categorização, visto a complexidade do ambiente estudado. O resultado desta análise de conteúdo apontou a existência de 6 categorias sendo que nos pontos mais extremos encontram-se magistrados e funcionários da área meio. Os magistrados são os

responsáveis pela produção do Poder Judiciário e a inexistência deles implica inviabilidade do serviço prestado pelo judiciário. Na outra ponta extrema estão os funcionários que atuam na área meio, como administrativo, financeiro, recursos humanos, cuja existência agrega valor, porém não são responsáveis diretos pela produção, isto é, a atividade finalística do Judiciário, podendo ter suas atividades substituídas por funcionários terceirizados. Portanto, os funcionários da área meio receberam valor igual a 1 enquanto que os magistrados receberam valor igual a 6.

Os chefes das áreas meio costumam ser o ponto de contato dos assessores e assistentes de magistrados, ou seja, um elo ligando a área meio e área fim. Por isso, em razão da proximidade dos chefes da área meio com os funcionários da área meio bem como os assistentes e assessores dos magistrados com os próprios magistrados, além do fato de que geralmente a comunicação dos magistrados com área meio é feita via assessor ou assistente, estes receberam valores iguais a 2 e 5, respectivamente.

Os funcionários de escrivânias e secretários de foro completam as categorias. As atribuições deles estão próximas da área meio. Por outro lado, há também os encarregados de escrivania e oficiais de justiça, cuja atividade se aproxima da área finalística. Os funcionários de escrivânias e secretários de foro atuam em tarefas administrativas, sendo os primeiros responsáveis pela manipulação dos processos e atendimento ao público. Os secretários de foro buscam zelar pela regularidade dos trabalhos do foro, bem como o controle da existência dos insumos básicos para realização dos trabalhos. Por isso, lhes foram atribuído valor igual a 3.

Os oficiais de justiça estão classificados nesta posição por ser uma atividade que não pode ser totalmente terceirizada, visto a natureza e os impedimentos jurídicos existentes. O mesmo ocorre com encarregados de escrivania, que praticam alguns atos cujo impacto é direto nas atividades finalísticas. Portanto, estas competências são essenciais e não terceirizáveis e por isso recebeu valor é igual a 4. A tabela 3.4 apresenta esta taxonomia.

Tabela 3.4: *Taxonomia das competências*

Área de atuação	Valor
Funcionários da área meio	1
Chefes das áreas meio	2
Funcionários de escrivânias / Secretários de Foro	3
Encarregados de escrivania / Oficiais de justiça	4
Assistentes e assessores de magistrados	5
Magistrados	6

As dimensões apresentadas até agora versam sobre as características funcionais da organização, onde se buscou identificar aspectos aparentemente opostos. Entretanto, o trabalho propõe também verificar os papéis preferidos pelos alunos e, de forma seme-

lhante, também foi necessário categorizá-los. A análise dos papéis preferidos é importante no contexto estudado, para enquadrar os funcionários conforme o papel que naturalmente se dispõem a exercer, o que melhora a colaboração. Além disso, agrupar pessoas que exercem papéis diversos no grupo evita que ocorra sobreposição dos papéis e conflitos pessoais.

3.5 Taxonomia dos papéis preferidos

Para listar os papéis preferidos, foi adotado o modelo de Belbin que divide os papéis em 9, os quais foram objeto de descrição detalhada na seção 2.12. Cada um destes papéis foi analisado e agrupado conforme a tendência de cada um deles para liderança, apoio ou criatividade. A taxonomia mostrada na Tabela 3.5 foi obtida a partir desta classificação.

Tabela 3.5: *Taxonomia dos papéis preferidos*

Perfil	número	Papel
Liderança	1	Coordenador
	2	Articulador
Criatividade	3	Pensador
	4	Investigador de Recursos
Apoio	5	Especialista
	6	Implementador
	7	Facilitador
	8	Analista
	9	Realizador

Para papéis de liderança foram selecionados os papéis de Coordenador e Articulador, porque ambos os papéis tratam de perfis de liderança. A diferença entre eles está no método de exercício e manutenção da liderança, que são aparentemente opostos, pois o coordenador busca criar sinergia dos esforços da equipe para atender os objetivos e o articulador costuma estimular competições dentro da equipe.

O segundo grupo da taxonomia versa sobre os perfis de criatividade, tendo sido selecionados para comporem esta taxonomia o Pensador e Investigador de Recursos. A razão pela qual estes perfis foram selecionados é que eles estão associados a busca por solução de problemas, seja através de recursos próprios, como no caso do Pensador, ou de terceiros, como faz o Investigador de Recursos.

Por último, porém não menos importante, os demais perfis do modelo de Belbin (Especialista, Implementador, Facilitador, Monitor Avaliador) foram classificados como sendo de apoio. Estes perfis foram assim chamados devido ao fato de que eles complementam o trabalho da equipe dotando-a de competências e habilidades específicas.

3.6 Representação das Taxonomias da organização

As taxonomias apresentadas na seção anterior foram propostas para tratar o problema e representar as possíveis variáveis que deveriam ser tratadas pelo algoritmo genético. Desse modo, suponha a representação de um funcionário cujo ingresso se deu através de concurso para escrevente, mas que trabalha como assistente de juiz, na comarca de Campos Belos, localizada a 594km da capital e também é o atestador do fundo rotativo.

Cada uma destas dimensões está apresentada na Figura 3.1, onde a linha 1 representa o vínculo, no caso com valor igual a 1, a linha 2 representa a assimetria da informação, que recebeu o valor igual a 6 que é o resultado da aplicação da equação 3-1, que também está demonstrado na tabela 3.2. Na terceira linha está a representação da responsabilidade de gestor ou controlador, no caso do funcionário citado, o valor é igual a 5 pelo exercício da função de atestador de fundo rotativo e, finalmente, em razão da posição de assistente de magistrado, recebeu valor igual a 5 no aspecto de competência.

ASPECTOS FUNCIONAIS DICOTÔMICOS ENCONTRADOS							
	1	2	3	4	5	6	7
EFETIVOS	X						
CAPITAL						X	
GESTOR					X		
NÃO CENTRAL					X		
							COMISSIONADOS
							INTERIOR
							CONTROLADOR
							CENTRAL

Figura 3.1: Exemplo de representação de um grupo

Conforme observado, os valores correspondentes às características funcionais são números naturais. Na tabela 3.5 constata-se que as informações referentes aos papéis preferidos também são dados discretos, o que torna mais simples a representação dos alunos, por meio de uma sequência de 5 valores, denominada 5-upla. Assim, supondo que o aluno mencionado no exemplo anterior seja um coordenador (valor igual a 2) na tabela 3.5, o aluno citado no exemplo pode ser representado pela 5-upla (1, 6, 5, 5, 2).

Desse modo, os alunos são representados pela 5-upla $\{f_1, f_2, f_3, f_4, p\}$, onde:

- f_1 = representa a dimensão de vínculo institucional;
- f_2 = representa a dimensão de acesso à informação;
- f_3 = representa a dimensão de responsabilidades;
- f_4 = representa a dimensão de competências centrais e não centrais;
- p = representa os papéis preferidos pelos alunos;

Os valores relativos às dimensões funcionais podem ser distribuídos conforme as tabelas 3.5, 3.1, 3.3, 3.2. O conjunto de valores possíveis para as variáveis f_1, f_2, f_3, f_4 e

p estão representados na equação 3-2 e apresentados detalhadamente na seção 3.4.

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1 = \{x | 1 \leq x \leq 4\} \\ f_2 = \{x | 1 \leq x \leq 6\} \\ f_3 = \{x | 1 \leq x \leq 7\} \\ f_4 = \{x | 1 \leq x \leq 6\} \\ p = \{x | 1 \leq x \leq 9\} \end{array} \right. \quad (3-2)$$

Conforme apresentado na equação 3-2, existem 4 dimensões para avaliação do papel funcional e 1 para avaliação dos papéis preferidos na equipe. Cada uma destas dimensões é independente da outra e elas coexistem e cooperam para formar os atributos do indivíduo. Os atributos do indivíduo são mensurados e determinado a heterogeneidade e homogeneidade dos grupos, conforme será demonstrado nas seções seguintes.

3.6.1 Aferição da heterogeneidade intragrupo

Como apontado na seção 2.12, um aluno é representado por uma 5-upla. Um grupo com n alunos é representado por n 5-uplas empilhadas, formando uma matriz $n \times 5$, de modo que as características de cada aluno fiquem dispostas em colunas, sendo que cada uma das colunas representa uma dimensão, conforme mostra a Figura 3.5.

Para obter a diversidade d de uma dimensão (representado pela coluna) i , basta realizar a intersecção entre o conjunto P_i , que contém todas as características possíveis de uma dimensão i , e o conjunto R_i que contém as características do grupo que está em análise. Desse modo, a diversidade de uma dimensão d_i é descrito conforme a equação 3-3.

$$d_i = |R_i \cap P_i| \quad (3-3)$$

Assim sendo, considerando a Figura 3.5, o conjunto das características referentes à dimensão de responsabilidade $R_i = \{1,2,6,7\}$. Pela tabela 3.3 e equação 3-1 o conjunto das possíveis características para a dimensão de responsabilidade $d = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$. Para obter a diversidade da responsabilidade, aplicando-se a equação 3-3, o valor é igual a 4 nesta operação, pois o resultado desta intersecção é 4, cardinalidade do conjunto $R_i \cap P_i = \{1, 2, 6, 7\}$.

Ao repetir a aplicação da equação 3-3 para todas as uplas que representam um grupo e somando os resultados das aplicações, um valor entre 0 e 20 pode ser obtido. Contudo, é necessário normalizar os valores para balancear o peso das características funcionais dicotômicas e papéis preferidos. Por isso, os valores foram reduzidos para valores entre 0 e 1 é melhor, por meio da divisão por 4, demonstrada na equação 3-4.

A última upla não foi normalizada para que houvesse o balanceamento entre os papéis e funções, fazendo com que houvesse valores entre 0 e 4 para cada uma características. Desse modo, o valor máximo de heterogeneidade de papéis de um grupo é 4 enquanto que o valor máximo de papéis preferidos também é 4, deixando balanceada a equação. Assim, a obtenção da heterogeneidade h de um grupo j , denotada por h_j , foi feita pelo somatório de (d_i) dividido por n , onde n representa a quantidade de dimensões funcionais e i o contador destas dimensões. Sendo $n = 4$, a dimensão de papéis preferidos está representada por $(n + 1)$ na equação 3-4. Considerando que os grupos são compostos por 4 alunos, $h_j \leq 8$, ou seja, o valor máximo de diversidade que um grupo consegue alcançar é igual a 8.

$$h_j = \left(\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \right) + d_{n+1}, \begin{cases} n < 5; \\ 1 \leq d_i \leq 4 \end{cases} \quad (3-4)$$

Para exemplificar, no grupo formado e demonstrado na Figura 3.2 primeiramente é aplicada a equação 3-3, onde são obtidos os valores relativos à diversidade. Observa-se que, na terceira upla, o valor referente à diversidade foi igual a 3. Isso se deve pela repetição da característica do aluno 2 e aluno 4, ambos iguais a 2. Na sequência, estes valores obtidos são normalizados, conforme a equação 3-4, gerando valores entre 0 e 1 para as 4 primeiras uplas e valor igual a 4 para a última. O último passo para determinar a homogeneidade do grupo foi somar os valores normalizados e obter o valor igual a 7,75 no exemplo apresentado.

	1	2	3	4	5	
	Vínculo	Assimetria	Responsabilidade	Competência	Papéis Preferencias	
Aluno 1	1	1	1	1	1	
Aluno 2	2	3	2	4	2	
Aluno 3	3	2	3	3	9	
Aluno 4	4	4	2	6	3	
Diversidade (3-12)	4	4	3	4	4	
Normalizado (3-14)	1	1	0,75	1	4	Σ 7,75

Figura 3.2: Demonstração da aferição da heterogeneidade de um grupo

Calculada a diversidade de um grupo, o processo será repetido para os n grupos criados para obter o valor referente à heterogeneidade da solução, pelo somatório dos

j -ésimos grupos até o n -ésimo, conforme mostra a equação 3-5.

$$H = \sum_{j=1}^n h_j \quad (3-5)$$

Desse modo, a aferição da diversidade da solução é feita. Contudo, a solução do problema deve maximizar a relação entre heterogeneidade e homogeneidade, restando ainda aferir a homogeneidade intergrupos.

3.6.2 Aferição da homogeneidade intergrupos

Após a aferição da heterogeneidade, deve-se assegurar que os grupos formados não sejam muito distantes uns dos outros. Isso foi feito por meio do cálculo do desvio padrão da heterogeneidade dos grupos e, para impedir que os valores máximos ficassem acima da própria heterogeneidade, foi somado 1 ao desvio padrão.

A adoção do desvio padrão se mostrou mais apropriado devido à transformação das informações repassadas pelo modelo para valores numéricos, ou seja, os valores tratados são estritamente numéricos. Além disso, o desvio padrão considera o dobro da diferença entre o valor e a média, fazendo dele um indicador mais sensível para aferições de variações ao compará-lo com a média dos dados dos grupos. Desse modo, a homogeneidade O pode ser calculada a partir da equação 3-6.

$$T = 1 + \sqrt{\sum \frac{(H_i - \bar{H})^2}{n}} \quad (3-6)$$

Para exemplificar, nos valores referentes à heterogeneidade de diferentes grupos apresentados na tabela 3.6, a taxa de heterogeneidade de 5 grupos, a soma e desvio padrão da heterogeneidade. Para obter a taxa de homogeneidade, aplica-se a equação 3-6, resultando o valor igual a 1,90.

Grupo	Heterogeneidade
Grupo 1	7,31
Grupo 2	6,14
Grupo 3	5,62
Grupo 4	6,33
Grupo 5	4,88
Soma	30,28
Desv. Padrão	0,90

Tabela 3.6: Exemplo de heterogeneidade de grupos

Uma vez que uma medida de dispersão foi utilizada para aferir a homogeneidade T , o objetivo é minimizar esta variável até que ela atinja o valor ideal que é igual a 1. No entanto, as questões relativas às restrições e penalidades devem ser analisadas.

3.7 A modelagem do problema

Neste trabalho, os alunos de uma turma devem ser alocados em grupos intra-heterogêneos e inter-homogêneos de modo que todos os alunos da turma. Portanto, considere $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ como o conjunto que contém todos os alunos de uma turma. O conjunto A é composto por partições G , isto é, uma coleção de subconjuntos disjuntos não vazios de A cuja união resulta o próprio conjunto A . Estas partições representam os grupos que desejamos formar. A Figura 3.3 apresenta um conjunto A hipotético no qual n é a cardinalidade do conjunto A .

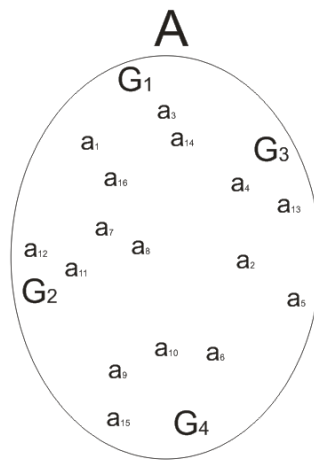


Figura 3.3: Conjunto universo dos alunos

Formar grupos com os elementos de A de modo que a união de todos os grupos resulte o próprio conjunto A é desejado. Para isso, considere que na Figura 3.4, distribuímos um conjunto $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ hipotético em 4 grupos, onde $G(A) = \{G_1, G_2, G_3, G_4\}$, conforme mostra a Figura 3.4.

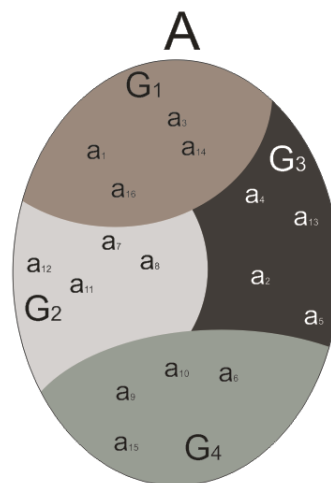


Figura 3.4: Partições do conjunto universo dos alunos

Pelo que foi observado na Figura 3.4, o conjunto A é formado pela união das partições G_i , conforme mostra também a equação 3-7.

$$A = G_1 \cup G_2 \cup G_3 \cup G_4 \quad (3-7)$$

Cada um dos alunos a pertence ao conjunto A e a união de todos os grupos de aluno resulta no próprio conjunto A . Como cada partição representa um grupo, as assertivas que os grupos $G_1 = \{a_1, a_3, a_{14}, a_{16}\}$ e $G_3 = \{a_2, a_4, a_5, a_{13}\}$, bem como dizer que o aluno $a_8 \in G_2$ são verdadeiras. Portanto, a quantidade de grupos da solução é a quantidade de partições.

Desse modo, se busca resolver o problema de modo a maximizar a relação entre a heterogeneidade intragrupos e a homogeneidade intergrupos, conforme descrito na função 3-8.

$$\text{Maximizar } f(x) = \frac{\sum_{i=1}^{qtd_{grupo}} f(H_i)}{1 + \sqrt{\sum \frac{(f(H_i) - \overline{f(H)})^2}{qtd_{grupo}}} \quad (3-8)$$

$$\text{Sujeito a: } \begin{cases} |G_i| = |G_j|, & \forall i, j \\ i, j \leq qtd_{grupo} \\ qtd_i \leq qtd_{maxalunogrupos} \end{cases}$$

Onde:

i, j	: índices de grupos;
qtd_i	: Quantidade de alunos em um grupo i ;
qtd_{grupo}	: Quantidade máxima de grupos;
$qtd_{maxalunogrupos}$: Quantidade máxima de alunos em um grupo;
G_i	: Conjunto que representa um determinado grupo i ;
$f(H)$: Heterogeneidade de um grupo.

A heterogeneidade de um grupo pode ser definida pela função $f \rightarrow f$, apresentada na equação 3-9.

$$f(H) = \sum_{i=1}^{|D|} |R_i \cap U_i| \times f(P_i), \quad \forall d \in D \quad (3-9)$$

Na equação 3-9, as variáveis representam:

i : Um índice de uma dimensão de um grupo;

- R_i : Conjunto universo das características de uma dimensão i qualquer;
 U_i : Conjunto das características da dimensão i encontradas em um grupo;
 D : Conjunto das dimensões de um grupo, onde $|D| = 5$;
 d : Uma dimensão qualquer do conjunto $D, d \in D$;
 $f(P_i)$: Penalidades aplicadas a um grupo i .

A definição da heterogeneidade exige definir as penalidades que são aplicadas sobre a heterogeneidade. Estas penalidades estão definidas na equação 3-10.

$$f(P) = \sum_{k=1}^5 a_k, \quad (3-10)$$

$$a = \begin{cases} a_1 = 0.2, & \forall l_i < l_{min} \\ a_2 = 0.3, & \forall l_i > l_{max} \\ a_3 = 0.2, & \forall c_i < c_{min} \\ a_4 = 0.2 \times [p_i - qtd_i] \\ a_5 = 0.2 \times (|\Gamma| - |\Lambda|) \end{cases}$$

Na equação 3-10, as variáveis representam as grandezas abaixo descritas:

- a : Uma restrição qualquer;
 Γ : $\Gamma \subset N_{ij} | x \in \Gamma$ e $x \geq m_j$;
 Λ : $\Lambda \subset N_{ij} | x \in \Gamma$ e $x \leq m_j$;
 c_i : Quantidade de perfis de criatividade no grupo i
 c_{min} : Quantidade mínima de indivíduos com perfil de criatividade por grupo;
 i : índice de um grupo qualquer;
 k : índice de uma dimensão qualquer, tal que $k < 5$;
 l_i : Quantidade de líderes no grupo i ;
 l_{min} : Quantidade mínima de indivíduos com perfil de liderança por grupo;
 l_{max} : Quantidade máxima de indivíduos com perfil de liderança por grupo;
 m_j : Mediana dos valores de uma dimensão funcional j ;
 N_{ij} : Conjunto de características funcionais j de um grupo i ;
 p_i : Quantidade de papéis distintos no grupo;
 qtd_i : Quantidade de alunos em um grupo i ;

Como demonstrado, os alunos não podem ser agrupados livremente pois há restrições que precisam ser respeitadas. As restrições estão melhores detalhadas na seção seguinte.

3.7.1 Restrições do problema

Ao agrupar os alunos, as restrições devem ser observadas pois, caso contrário, não haveria necessidade de construir um modelo computacional para isso. Por isso propomos o uso de algoritmos evolutivos.

No problema tratado há dois tipos de restrições: *soft constraints* que são restrições que representam degradação da qualidade da solução que todavia não são bastante para tornar a solução inactível e as *hard constraints* que são restrições que se forem violadas torna a solução inactível.

Iniciando pelas *hard constraints*, a única apresentada no problema se refere à quantidade de alunos por grupo. Os grupos devem ter a mesma quantidade de alunos por grupo. Logo, partições do conjunto A devem ser representadas conforme a equação 3-11.

$$|G_i| = |G_j|, \quad \forall G_i, G_j \in A \quad (3-11)$$

Na equação 3-11 G_i e G_j são partições do conjunto A e a cardinalidade destas partições devem ser iguais. Grupos pequenos são adotados nesta abordagem, cada grupo contendo 4 alunos, fazendo com que a cardinalidade seja igual a 4.

Todas as demais restrições que se segue são *soft constraints*. A segunda restrição e primeira *soft constraint* trata a questão da diversidade dentro dos grupos. Nesta abordagem se busca formar grupos com maior diversidade de características dentro do grupo. Conforme descrito na seção 2.12, um aluno é formado por uma sequência de características, ou seja uma 5-upla. Um grupo composto por 4 alunos é uma coleção contendo 4 5-uplas, representadas na Figura 3.5.

	1	2	3	4	5
	Vínculo	Assimetria	Responsabilidade	Competência	Papéis Preferencias
Aluno 1	1	1	1	1	1
Aluno 2	2	3	2	4	2
Aluno 3	3	6	7	3	9
Aluno 4	4	4	6	6	3
Diversidade	4	4	4	4	4

Figura 3.5: Exemplo de matriz 5-uplas que representa um grupo

Desse modo, um grupo de alunos é representado pela matriz exibida na Figura 3.5, onde cada coluna da matriz representa uma característica dos alunos e cada linha um determinado aluno. No caso da figura mencionada, a ordem que aparecem as características de vínculo não interessa e o conjunto destas características pode ser representado por $f_1 = \{1, 2, 3, 4\}$. Para medir a diversidade δ desta dimensão foi utilizada a cardinalidade

do conjunto f_1 , ou seja, $|f_1|$, eliminando as repetições, cujo resultado é $\delta_{f_1} = 4$. Esta propriedade foi aplicada à todos os C conjuntos de características i , conforme mostrado na equação 3-12.

$$\delta_i = |C_i| \quad (3-12)$$

A terceira restrição está relacionada aos papéis preferidos pelos alunos. Cada grupo deve ter um aluno com perfil de liderança, ou seja, com valores iguais a 1 ou 2. No entanto, não pode haver mais de um aluno com perfil de liderança no grupo pois isso costuma provocar conflitos no grupo. Em outras palavras, ou o grupo tem um aluno com perfil número 1 ou com perfil número 2 (ou exclusivo). Com efeito, ao observar o conjunto $P = \{1, 2, 9, 3\}$, percebe-se uma violação da restrição, pois no primeiro e segundo elementos estão valores que se referem a perfis de liderança. Esta restrição L sobre o conjunto P , $L(P)$ pode ser descrita conforme equação 3-13.

$$L(P) = \{x : x = [1 \in P \oplus 2 \in P]\} \quad (3-13)$$

A quarta restrição está relacionada também aos papéis preferidos pelos alunos. Cada grupo deve ter um pelo menos um aluno com perfil de criatividade, ou seja, com valores iguais a 3 ou 4. Desse modo, considere o conjunto $P = \{1, 2, 9, 3\}$. Neste exemplo está satisfeita esta condição, pois o valor do quarto elemento se refere a perfil de criatividade. Esta restrição C sobre o conjunto P , $C(P)$ pode ser descrita conforme equação 3-14.

$$C(P) = \{x : x = [3 \in P \vee 4 \in P]\} \quad (3-14)$$

A quinta restrição está relacionada também aos papéis preferidos pelos alunos. Não pode haver sobreposição papéis no grupo, ou seja, não podem haver dois pensadores, dois analistas, etc.. A título de exemplo, considere o conjunto $P = \{1, 2, 9, 3\}$. Neste exemplo está satisfeita esta condição, pois há 4 elementos distintos, ou seja, cada um dos 4 alunos possui uma característica diferente do outro, não havendo repetição. Esta restrição de sobreposição S sobre o conjunto P , $S(P)$ pode ser descrita conforme equação 3-15.

$$S(P) = \{x : x = |P| \wedge x = 4\} \quad (3-15)$$

Por último, a sexta restrição trata aspectos funcionais. Deve haver alunos, dentro do grupo, que possuam características dicotômicas para as 4 primeiras uplas. Como foi observado, as características dicotômicas são expressas através de sequências numéricas ordenadas, como o caso das responsabilidades pelos valores (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7), conforme

tabela 3.3 e equação 3-2, onde 1 e 7 são os aspectos mais extremos. Desse modo, a formação desejada deve fazer ainda com que haja distância entre as características, misturando estes valores conforme a proximidade dos extremos. Em razão dos grupos serem compostos por 4 alunos, a solução ideal deve fazer com 2 alunos estejam próximos da esquerda enquanto que 2 estejam próximos da direita, a partir da mediana das características.

Assim, seja $m(d)$ a mediana da dimensão d e considere dividir um grupo de alunos G em duas partições G_e e G_d . G_e contém os alunos cujos valores são inferiores à mediana $m(d)$, enquanto que G_d contém aqueles que são superiores. Se a metade dos alunos do grupo G_e estiver à esquerda de $m(d)$ e a outra metade dos alunos G_d à direita de $m(d)$ a dicotomia do conjunto $P d(P)$ está satisfeita, conforme demonstrado na Equação 3-16.

$$d(P) = \{G_e, G_d | G_e \leq m(d) \leq G_d, G_e \wedge G_d \in G\} \quad (3-16)$$

Desse modo, aplicando a equação 3-16 no exemplo apresentado na Figura 3.5, a condição da dicotomia $d(P)$ estaria satisfeita.

3.8 A modelagem do algoritmo genético

Para aplicar algoritmos genéticos para obter soluções de problemas de otimização, é preciso modelar o problema e torná-lo tratável pelo algoritmo. Esta é a etapa crucial para o êxito da solução, pois nesta fase é desenhado o problema de modo que o algoritmo possa compreender e recombinar as soluções. Para isso, o problema é representado.

Para utilizar um algoritmo genético de maneira eficiente não basta simplesmente aplicar as formas genéricas deste algoritmo. Para isso, é necessário encontrar uma representação adequada para o problema e desenvolver operadores de busca apropriados que melhor se encaixem nas propriedades da representação. A representação deve ser capaz de absorver todas as possíveis soluções do problema de otimização que está sendo tratado [166].

A primeira representação apresentada foi a das soluções candidatas. Elas foram representadas no algoritmo genético por cromossomos.

3.8.1 Representação por Cromossomos

Para solucionar o problema que tratado neste trabalho, cada cromossomo representa uma potencial solução dentro do espaço de busca, ou seja, um cromossomo contém as informações dos alunos e quais grupos eles estão inseridos, conforme mostrado na Figura 3.6.

Exemplo de cromossomo											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	1	3	2	3	1	1	3	3	2	2

Figura 3.6: Representação uma solução através de um cromossomo

Em um primeiro momento foi utilizada a representação binária, onde cada cromossomo representa uma solução possível. Uma solução possível é aquela que representa todos os alunos da sala distribuídos em diferentes grupos e não um único grupo de alunos, representado na forma de uma matriz $m \times n$. Nesta representação, a interseção entre as colunas e as linhas eram os genes. Quando o valor do gene for igual a 1 significa que o aluno está inserido no grupo daquela coluna e zero significa que ele não está. Assim, está construída uma representação binária dos indivíduos.

Entretanto, a representação binária apresentou desvantagens, sendo a mais relevante delas a perda de performance, ou seja, o algoritmo se tornou lento. Esta perda se deve ao fato de que para cada operação realizada, era necessário ler tanto as linhas quanto as colunas. Para exemplificar, considere um grupo de 100 alunos a serem divididos em 25 grupos. Para realizar qualquer tipo de operação, uma matriz 100×25 deve ser lida. Por isso esta representação inicialmente formada foi abandonada e deu lugar à representação inteira, conforme está apresentada na Figura 3.6.

Em razão dos problemas com a representação binária, a solução foi representada por um vetor de números inteiros, onde o aluno está representado pelo índice do vetor e o valor armazenado no vetor corresponde ao grupo que ele está inserido. Essa diferença de representação tornou a solução mais rápida de ser implementada, bem como trouxe ganho de performance considerável, tendo sido a mais eficiente forma de representação encontrada.

Dessa forma, a representação adotada foi a que contém números inteiros nos genes. Cada gene representa um grupo e a posição, isto é, o *locus* deste gene indica o aluno que está localizado no grupo. Por exemplo, considerando a Figura 3.6, o aluno 10 está no grupo 3 e que o grupo 3 é formado pelos alunos 4, 6, 9 e 10. Dessa forma, considerando que n seja o número de alunos que serão distribuídos em g grupos, um cromossomo é composto por n genes e cada um dos genes poderia carregar valores de 1 a g .

Conforme observado, a solução candidata está representada em cromossomos, as quais são aplicados operadores genéticos para manipulação. Este operadores serão apresentados a seguir.

3.8.2 Seleção, cruzamento, mutação e elitismo

No algoritmo proposto neste trabalho, o método de seleção utilizado foi a seleção por torneio. Este método de seleção foi adotado por exercer menos pressão sobre a população para que haja a dominação dos melhores indivíduos, como é o caso da seleção pela roleta, reduzindo a possibilidade de convergência prematura e a consequente ampliação da diversidade da população [58]. Além disso, por não precisar ordenar os cromossomos como ocorre no método da roleta, a seleção por torneio se mostra computacionalmente mais eficiente. No caso deste trabalho, foram sorteados 5 indivíduos e selecionados os 2 melhores para cruzamento.

Para cruzamento, foi adotado o método de ponto de corte. O ponto de corte foi fixado no meio do cromossomo. Isso significa que o cruzamento foi realizado juntando-se a cabeça e a cauda do cromossomo[58]. Este método foi adotado em razão da escolha dos pontos do progenitor separadamente, isto é, simplesmente juntando os pontos entre os pais para se formar descendentes. Esta técnica assegura que todos os genes dos pais serão passados aos descendentes. A Figura 3.7 demonstra este processo, onde os cromossomos 1 e 2 são recombinaados para formar os descendentes 1 e 2, a partir da "cabeça e cauda" dos pais.

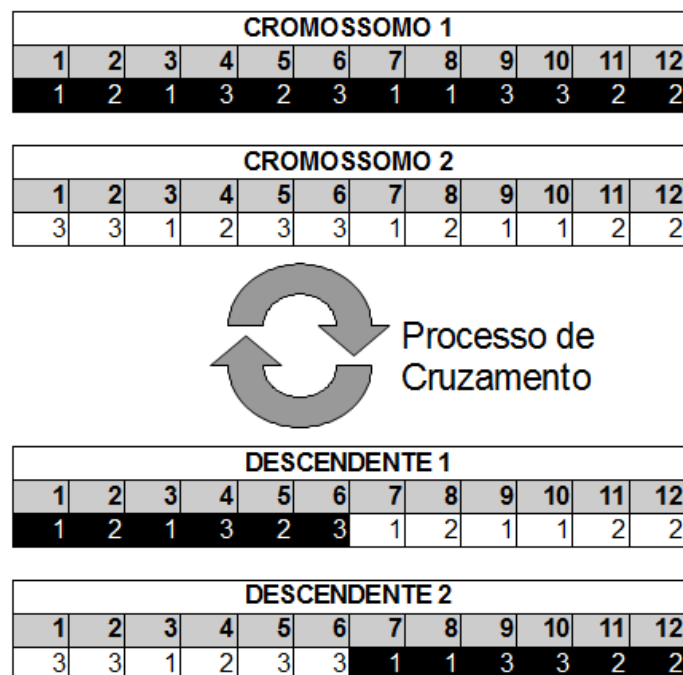


Figura 3.7: Demonstração da aplicação do cruzamento no algoritmo genético

A pressão para que os melhores indivíduos gerem descendentes pode fazer com que se perca algum aspecto de diversidade que é importante. Para reintroduzir

esta diversidade, a técnica de mutação foi adotada, que consiste em alterar um *locus* aleatoriamente [125].

No entanto, para o caso do problema tratado, não se pode retirar um aluno de um grupo ou colocar um aluno em outro, pois resultaria em grupos com quantidades de alunos inferiores ao desejado, violando a restrição do problema apresentado pela equação 3-11 e criando indivíduos inactíveis. Essa criação teria, por consequência, a necessidade de executar a função de reparação, o que aumentaria o custo computacional bem como poderia fazer com que a diversidade introduzida fosse perdida.

Por isso, a estratégia de mutação *swap* foi utilizada, onde dois alunos são escolhidos aleatoriamente e são trocados de grupo. Para exemplificar, considere o cromossomo apresentado na Figura 3.8. Supondo que tenham sido sorteados os valores 4 e 11 para serem os genes a serem modificados. Isso significa que a mutação deve ser feita trocando de lugar os genes da posição 4 com a posição 11, conforme mostra a Figura 3.8. Esta técnica permite fazer mutações obtendo sempre indivíduos factíveis.

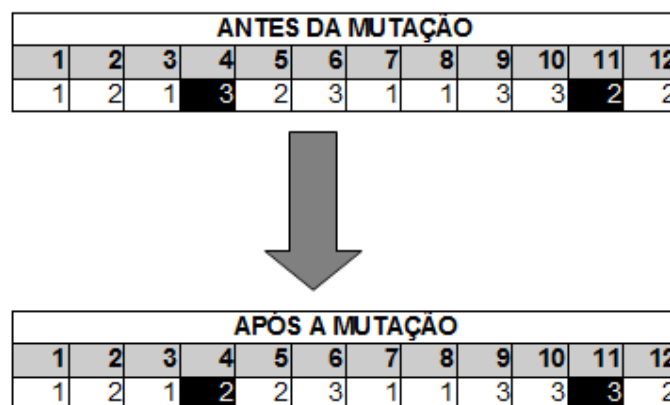


Figura 3.8: Demonstração da aplicação da mutação no algoritmo genético

Finalmente, o processo de elitismo foi utilizada para assegurar que o melhor indivíduo da população sobreviva às gerações seguintes. Por isso, na estratégia de elitismo que foi adotado, apenas o melhor indivíduo foi copiado para a população seguinte.

3.8.3 Restrições e Função de reparação

Em razão das soluções serem geradas por meio da recombinações de outras soluções, pode ocorrer violações de restrições do problema, sobretudo por causa do operador de cruzamento, que exerce pressão sobre a população factível e, ao recombinar indivíduos, comumente viola algum tipo de restrição.

A questão sobre restrições de algoritmos evolutivos teve a importância reconhecida e foi amplamente tratada na literatura [121, 49, 122]. Basicamente, há duas categorias de restrições: *hard constraints* e *soft constraints*.

As *hard constraints* estão relacionadas à factibilidade da solução. Por isso, elas não podem ser violadas, sob pena de tornar a solução infactível [56, 91]. No caso deste trabalho, há 6 restrições, das quais 5 são *soft constraints* e 1 *hard constraint*. Iniciando pela *hard constraint*, a restrição apresentada na equação 3-11.

Assim sendo, são infactíveis as soluções onde houver grupos em que o quantitativo de alunos seja diferente. Para exemplificar, considere a situação hipotética de distribuir 20 alunos em 5 grupos, devendo haver 4 alunos por grupo. Durante o processo de cruzamento, grupos podem ser gerados com quantidade de alunos seja diferente de 4, o que tornaria a solução infactível. Sobre esta solução seria aplicada uma função de reparação que redistribui os grupos com quantidades divergentes de alunos, tornando a solução novamente factível.

Por outro lado, *soft constraints* descrevem níveis de preferências, probabilidades, cursos, incertezas e outros critérios que, se violados, provocam a degradação da qualidade do indivíduo, porém sem torná-lo infactível [91].

De acordo com Bekele [21], não há uma maneira considerada "certa" para formar grupos, sendo válidas as formas aplicadas. Isso nos leva a crer que uma solução não pode ser ruim o bastante para tratá-la como infactível, mesmo que esta viole algumas restrições. O melhor caminho é tentar consertá-la e se mesmo assim persistir a restrição, o melhor é reduzir sua nota na avaliação de aptidão. Para essa redução, obter o desvio padrão destes valores consegue fornecer um bom indicador sobre a qualidade da solução.

Por isso, no caso do problema tratado, há 5 *soft constraints* que estão demonstradas nas equações 3-12, 3-13, 3-14, 3-15, 3-16. A tabela 3.7 apresenta todas estas restrições de maneira detalhada. A coluna tratamento indica a forma pela qual a violação da restrição será tratada, sendo que *R* significa que será feita uma tentativa de reparação e *P* indica que haverá penalização da solução.

Tabela 3.7: Tabela de restrições e tratamento

nº	Descrição	Equação	Tratamento
1	Quantidade de indivíduos diferentes nos grupos	3-11	R
2	Ausência de pelo menos um líder no grupo	3-12	R / P
3	Presença de mais de um líder no grupo	3-13	R / P
4	Ausência de pessoas com perfil de criatividade no grupo	3-14	R / P
5	Mais de uma pessoa com o mesmo papel no grupo	3-15	R / P
6	Grupo composto por pessoas com a mesma característica dicotômica	3-16	R/ P

Para reduzir o impacto provocado pela violação das restrições, foi desenvolvida

uma função de reparação que tenta consertar o cromossomo, reduzindo ou eliminando a quantidade de restrições que foram violadas. A reparação possui relação de dependência com os dados de entrada do algoritmo. Os dados de entrada devem fornecer informações suficientes para reparação dos indivíduos, pois caso contrário a reparação não é possível. Para exemplificar, suponha que tenha ocorrida a violação da restrição 2 da tabela 3.7, ou seja, existem grupos que não há pessoas que possuem perfil de liderança. Se houverem n grupos e a quantidade de $n - 1$ pessoas com perfil de liderança implica, pelo princípio da casa dos pombos, conduzir o algoritmo a trabalhar somente com soluções infactíveis, devido ao fato de que, por maior que fosse o esforço de reparação, não haveria possibilidade de gerar soluções factíveis.

Assim sendo, não é possível tratar as soluções que violam alguma restrição simplesmente como infactíveis devido ao risco de não obter soluções factíveis. Por isso, inicialmente as violações foram tratadas por reparação e, se por algum motivo a solução não pudesse ser reparada, a mesma era penalizada, conforme será apresentado na seção subsequente.

3.8.4 Função de Penalidade

Uma vez que algoritmos genéticos se tratam de métodos de busca genéricos, diversas aplicações de algoritmos genéticos tem recorrido à função de penalidade para lidar com as restrições do problema [49]. Função de penalidade tem sido adotada para tratar restrições do problema, visto que o processo evolutivo dos algoritmos genéticos não são capazes por si só de tratar as restrições [58].

De acordo Yenziay [204], adotar penalidades estáticas faz com que os parâmetros de penalização não dependam da geração atual e uma penalidade constante é aplicada à soluções infactíveis.

Além disso, a função de penalidade deve buscar um equilíbrio na aplicação das penalidades, pois aplicar penas severas faz com que haja convergência prematura e por outro lado, se as penas forem brandas, haverá uma quantidade grande de violações das restrições. Por isso, é importante que a função de penalidade garanta a existência de diversidade e ao mesmo tempo que as violações sejam verificadas[1].

Por isso, neste trabalho, quando a função de reparação não conseguir reparar a solução, a função de penalidade é acionada para reduzir as chances de cromossomos cujas características violem restrições do problema se perpetuem na população. As penalidades foram aplicadas a cromossomos que violam as *soft constraints* em diferentes variações, de acordo com a restrição que foi violada, com vistas a garantir que haja diversidade. A tabela 3.8 apresenta as restrições e as penalidades aplicadas.

Tabela 3.8: *Tabela de Penalidades*

Nº	Descrição	Penalidade	Método
2	Ausência de pelo menos um líder no grupo	- 20%	Por grupo
3	Presença de mais de um líder no grupo	- 30%	Por ocorrência
4	Ausência de pessoas com perfil de criatividade no grupo	- 20%	Por grupo
5	Mais de uma pessoa com o mesmo papel no grupo	- 20%	Por ocorrência
6	Grupo composto por pessoas com a mesma característica dicotômica	- 20%	Por ocorrência

Na tabela 3.8 são mostradas as *soft constraints* e suas respectivas penalidades em caso de violação. A penalidade consiste na redução da taxa de heterogeneidade da solução, reduzindo o valor referente à característica que violou restrição. A quarta coluna intitulada "método" se refere à maneira pela qual será aplicada a penalidade, podendo ser por grupo ou por ocorrência. Quando a penalidade for aplicada por grupo significa que ela será aplicada uma única vez que ocorrer a violação no grupo. Já a aplicação por ocorrência implica que será aplicada cada vez que ocorrer a violação. Isso significa que o grupo pode ser penalizado por ter violado a mesma restrição mais de uma vez.

Para exemplificar a aplicação das penalidades, suponha que em uma determinada solução um dos grupos está sem funcionário com perfil de líder (restrição 2, da tabela 3.8). Neste caso, seria reduzido em 20% o valor referente à papéis preferidos naquele grupo que violou a restrição. Como o valor máximo de papel preferido por grupo é 4, com a penalidade o valor máximo que poderá ser alcançado pelo grupo será de 3,2. Considere ainda que, nesta mesma solução, haja outro grupo o qual há mais de uma pessoa com o mesmo papel, ou seja, violando a restrição número 5. Desse modo, o grupo será penalizado com perda de 20% do valor de heterogeneidade de papel.

Desse modo, aplicando as penalidades, modifica-se a equação 3-4 através da equação 3-17, onde a heterogeneidade H de um grupo j após a aplicação da penalidade, denotada H'_j é resultado da subtração do valor da penalidade da heterogeneidade H_j , conforme mostra a equação 3-17.

$$H'_j = H_j + H_j \times \frac{P_j}{100} \quad (3-17)$$

Assim, a penalidade é aplicada sobre os valores alcançados pelo grupo que violou a restrição. Se um grupo violar mais de uma restrição, a penalidade é acumulada e aplicada. Por exemplo, um mesmo grupo violou a restrição 3 e 4. Neste caso, haverá uma redução de 50% do valor, sendo que 30% se refere à restrição número 3 e 20% se refere à violação número 4.

A penalização dos indivíduos ocorrerá após a reparação da população, ou seja,

somente aqueles indivíduos que não puderam ser reparados serão penalizados. Este método foi adotado para melhorar a população ao invés de penalizá-la, através da manutenção de espaço de busca com indivíduos de melhor aptidão. A próxima seção apresenta a maneira pela qual foi processado o cálculo da aptidão.

3.8.5 Cálculo da aptidão

A aptidão pode ser definida como a qualidade do indivíduo dentro da população. A aptidão é composta por duas variáveis. A primeira é a homogeneidade e a segunda a heterogeneidade da solução.

Ressalta-se que o objetivo é obter grupos sejam o mais intra-heterogêneo possível. Esta heterogeneidade gera distâncias entre os grupos, por exemplo um grupo pode ter 20 de heterogeneidade enquanto outro pode ter 1 na mesma solução. Além disso, é necessário fazer com que a relação heterogeneidade e homogeneidade sejam inversamente proporcionais, para aumentar a diversidade e reduzir a distância. Por isso, estabelecemos que o *fitness* é o quociente da heterogeneidade (3-17) pela homogeneidade (3-6, conforme mostra a equação 3-18).

$$F = \frac{H'}{T} \quad (3-18)$$

Ressalta-se que não há hipótese de divisão por zero porque o valor de T nunca será menor que 1. Desse modo, sabendo que o valor máximo de um grupo é igual a 8, o ótimo O pode ser alcançado através do produto de 8 pela quantidade de grupos g , conforme mostra equação 3-18. Obviamente para obter o ótimo há uma dependência da entrada do algoritmo, por exemplo, se não houverem líderes suficientes para que haja pelo menos 1 por grupo, a solução viola uma das restrições e o valor do fitness será reduzido através de penalidade, não sendo possível alcançar o ótimo apresentado na equação 3-19.

$$O = g \times 8 \quad (3-19)$$

3.8.6 Busca Local

Depois de concluída a execução do algoritmo genético canônico, uma busca local utilizando o algoritmo *Hill-Climbing* (AHC) é feita para tentar melhorar o resultado obtido pelo algoritmo genético. O fato do domínio do problema ser conhecido e o uso deste conhecimento ter sido aplicado na construção do algoritmo AHC colocou este método de busca em vantagem se comparado outros métodos de busca, como por exemplo a busca cega.

A primeira informação sobre o domínio utilizada AHC se refere ao ponto de partida. Para definição deste fator foi considerado o espaço de busca explorado pelo algoritmo genético canônico (AGC), tendo sido definido como ponto de partida da busca local o resultado alcançado pelo AGC.

Além disso, observando a função objetivo apresentada na equação 3-18, constata-se que a variável T que se refere à homogeneidade domina assintoticamente a função, ou seja, quanto maior o valor de T , menor será o valor de F . Conforme apresentado na seção 3.6.1, o valor de T é determinado pelo desvio padrão dos grupos somado à constante 1.

No entanto, o AHC pode não conseguir alcançar soluções melhores e permanecer em execução indefinidamente. Surge então a necessidade de estabelecer critérios de parada. Para isso, considere os dois grupos mais distantes sejam o grupo 1 e 2. Se o AHC conseguir melhorar trocando alunos do grupo 1 com o grupo 2, ele passa para o 2º grupo mais distante e assim sucessivamente, até que seja atingido o critério de parada do algoritmo que é o máximo de 1000 iterações. Esta quantidade de iterações foi escolhida porque o AHC não necessitava vasculhar o espaço de busca que foi explorado pelo algoritmo genético e ainda estas 1000 iterações correspondem a cerca de 5% do total de vezes que o fitness foi calculado. A Figura 3.9 apresenta um pseudocódigo da estratégia de busca local adotada.

```
REPITA
  1 ORDENE OS GRUPOS POR HETEROGENEIDADE
  2 INCREMENTE O CONTADOR DE ITERAÇÕES
  3 SELECIONE O GRUPO COM MAIOR VALOR
  4 SELECIONE O GRUPO COM MENOR VALOR
  5 SELECIONE UM ALUNO DE CADA UM DOS GRUPOS
  6 FAÇA A TROCA ENTRE OS ALUNOS SELECIONADOS
  7 SE A TROCA REDUZIR A DISTÂNCIA DOS GRUPOS ENTÃO
    7.1 ASSUMA QUE ESTA É A NOVA POSIÇÃO DA ESCALADA
    7.2 VOLTE PARA O PASSO 1.
  8 FIM SE
ATÉ 1000 ITERAÇÕES OU ATÉ QUE NÃO CONSIGA MAIS MELHORAR A SOLUÇÃO
```

Figura 3.9: Pseudocódigo da estratégia de busca local adotada

Uma vez conhecida a forma pela qual foram construídos os algoritmos, o foco se volta para as configurações de teste, que correspondem às configurações e dados de entrada os quais os algoritmos trataram.

3.9 Configuração de testes do Algoritmo Genético

Primeiramente, o algoritmo genético foi executado no cenário mais difícil, isto é, o que concentra o maior número de restrições. Isso porque quanto maior a quantidade de restrições, menor é a população factível. Isto faz com que o algoritmo tenha que realizar a busca direcionada para encontrar soluções dentro de um universo menor de soluções, o que exige ajustes finos na configuração do algoritmo.

O grau de refinamento superior exigido pelo algoritmo no cenário mais complexo faz com que o algoritmo se torne mais eficiente na busca por soluções melhores. Por isso, se faz imperioso iniciar os testes nos cenários com maior quantidade de restrições.

No contexto do problema abordado, o cenário mais complexo é aquele que envolve tanto a avaliação funcional quanto dos papéis preferidos pelos alunos, devendo o algoritmo gerar grupos internamente heterogêneos e grupos homogêneos externamente. Este cenário está descrito no caso de testes T1, na tabela 3.10. Além disso, os grupos gerados não podiam ter, dentro de um mesmo grupo, dois alunos com perfis de liderança ou ainda um grupo com mais de um aluno com perfil de criatividade sendo que outro grupo não possuía alunos com este perfil.

Para realizar este refinamento, 30 execuções do algoritmo foram realizadas, ou seja, o pseudocódigo foi executado 30 vezes, gerando nova população inicial em cada execução, e as soluções foram evoluídas por 100 gerações em cada execução para obtenção de um resultado. Em seguida, as taxas de mutação e cruzamento foram alteradas, respectivamente, e feitas as comparações dos resultados alcançados.

Desse modo, visando maximizar os resultados alcançados pelo algoritmo, diferentes configurações de taxa de cruzamento e mutação foram aplicadas sobre as populações e a taxa que obtivesse maior performance, isto é, maior valor de fitness, seria adotada para realização dos testes subsequentes. O gráfico 3.10 apresenta a evolução do desempenho das diferentes configurações.

Outro fator fundamental para o resultado do algoritmo são os dados de entrada. Os dados de entrada utilizados para configuração do algoritmo genético foram dados reais do problema estudado. Estes dados serão melhor detalhados na seção seguinte.

3.9.1 Dados de entrada do algoritmo

Qualquer que seja o algoritmo, os dados de entrada são importantes. Em análise de complexidade de algoritmos, o tamanho da entrada é considerada como variável n e a complexidade é dada, tomando como exemplo o pior caso, como $O(n)$ ou $O(n^2)$, ou seja, a acurácia da medição do tempo depende do tamanho da entrada, não se importando com a qualidade dos dados de entrada.

No âmbito deste trabalho, qualidade dos dados de entrada pode ser definida como sendo o grau de adequação de um grupo de dados de entrada à função objetivo do problema. No caso do algoritmo genético apresentado, tanto o tamanho quanto a qualidade da entrada afetam o resultado final, sobretudo o valor do fitness que, considerando uma entrada de tamanho constante k , pode variar de acordo com a qualidade dos dados de entrada que serão analisados. Para exemplificar, considere 100 alunos para serem distribuídos em 25 grupos e que cada um dos grupos deverá ter 1 líder. Desse modo, uma entrada ótima deveria fornecer exatamente 25 alunos com perfil de líder. Se houver uma entrada com 24 ou 26 líderes, haveria pelo menos uma violação de restrição. Quanto mais a quantidade de líderes se afastar de 25, mais violações ocorrerão e conseqüentemente menor será o fitness, apesar de se tratar de entradas do mesmo tamanho.

A partir do conhecimento desta propriedade da entrada, foi estabelecido um método para calcular um valor estimado para o fitness, considerando o histograma apresentado na tabela 3.9 e conhecimentos relacionados ao próprio domínio do problema. Contudo, a tentativa restou infrutífera pois calcular a diversidade e violações de restrição das propriedades a partir do histograma negligencia dois aspectos importantes que são levado à conta do fitness: a homogeneidade intergrupos e o fato de que um aluno é representado por uma sequência numérica (5-upla) e o cálculo observou as propriedades separadamente, ou seja, ao incluir um aluno em um grupo para cumprir uma determinada restrição que observa a característica x , este mesmo aluno pode violar outra restrição que observa a variável $x + 1$.

Dados reais sobre as características funcionais dos funcionários da instituição foram utilizados para configuração do algoritmo genético. Estas características foram obtidas a partir de uma lista fornecida pela instituição que continha dados de 44 funcionários que participaram de um curso realizado por EaD. As características dos funcionários que compõem os dados de entrada do algoritmo foram obtidas a partir destas informações.

De posse desta lista de alunos, foram feitas consultas ao portal da transparência [152], onde puderam ser verificadas as características de vínculo institucional, assimetria da informação (a partir da cidade de lotação do aluno), responsabilidade (a partir do cargo ocupado) e as competências. Em seguida os dados foram tabulados e criada uma lista de entrada.

No entanto, faltava ainda identificar os papéis preferidos por cada funcionário. Em razão da impossibilidade à época de se fazer este levantamento em campo, uma distribuição de papéis foi feita a partir de informações coletadas por pesquisas realizadas por Belbin em empresas no Reino Unido, foi obtida uma distribuição dos papéis dentre as pessoas analisadas, identificando os papéis mais comuns. A partir desta informação, atribuímos a mesma distribuição à nossa pesquisa. A tabela 3.9 apresenta a distribuição de frequência.

Tabela 3.9: *Distribuição de frequências dos dados de entrada do algoritmo*

Valor	Vínculo	Assimetria	Responsabilidade	Competência	Papéis
1	37	12	-	2	7
2	-	6	-	-	2
3	-	12	8	29	8
4	7	6	35	6	7
5		4	-	7	5
6		3	1	-	7
7		1	-		2
8					2
9					4

A tabela 3.9 apresenta a distribuição de frequência das características dos alunos que foram utilizados como entrada para o algoritmo. Na primeira coluna da tabela estão os valores que foram contados e nas colunas subseqüentes o resultado da contagem dos valores. Para interpretação apropriada desta tabela, as tabelas 3.1,3.2,3.3,3.4e 3.5 devem ser utilizadas para entendimento dos valores apresentados na primeira coluna.

Nos dados de entrada dispostos na tabela 3.9 observa-se na segunda coluna que dos 44 funcionários selecionados, 37 são funcionários efetivos enquanto que 7 são comissionados, enquanto que não houveram funcionários cujos vínculos eram cedidos ou terceirizados. O fato de haver 37 funcionários na mesma classe implica que nos grupos haverão pelo menos 3 funcionários pertencentes à esta classe.

Na terceira coluna está a distribuição dos alunos conforme a assimetria da informação. Nesta classe foi observada uma distribuição mais uniforme entre os funcionários, apesar de haverem 12 funcionários que estão lotados na capital e outros 12 lotados em comarcas entre 108 e 216 km da capital.

A característica funcional relacionada à responsabilidade de gestor e controlador mostrou a maior concentração de funcionários. Apesar desta concentração, a maioria apresentou perfil neutro, o que corresponde de fato à maioria dos funcionários da organização. A segunda maior concentração está relacionada à posições da área de gestão, enquanto que havia apenas 1 funcionário de áreas de controle.

Quanto à dicotomia de competências, observa-se ainda a uma concentração na classe 3, que se refere aos funcionários de escritanias e secretários de foro, com 29 indivíduos. No entanto, a presença de 2 funcionários da área meio e 7 assistentes ou assessores de magistrados faz com que a aplicação do algoritmo seja interessante para agrupar estes funcionários maximizando a diversidade.

Por último, observa-se as características relativas aos papéis preferidos, que foram distribuídas entre os funcionários a partir de dados de uma pesquisa realizada por Belbin. Portanto, não se tratam de dados reais dos funcionários pesquisados, sendo uma

representação da frequência com que os papéis aparecem.

Apesar das semelhanças entre os funcionários, estas não comprometem o desempenho e resultado a ser alcançado pelos algoritmos, visto que o algoritmo proposto é capaz de resolver problemas de recombinação onde possa ser estabelecida uma função que calcule a aptidão das soluções em características discretizadas, como apresentadas no problema estudado. Finalizada esta etapa, foi feita a calibração do algoritmo genético.

3.9.2 Calibração da taxa de cruzamento e mutação do AG

A calibração do algoritmo genético é uma etapa importante pois busca estabelecer a taxa de cruzamento e mutação que alcança os melhores resultados. A primeira taxa ajustada foi a mutação. Para isso, a taxa de cruzamento foi fixada em 80%, ou seja, 80% da população foi recombinada e os outros 20% restantes foram simplesmente copiados para a geração seguinte. Foram testadas taxas de mutação entre 0,5% a 1%. Os resultados destes experimentos foram demonstrados na Figura 3.10.

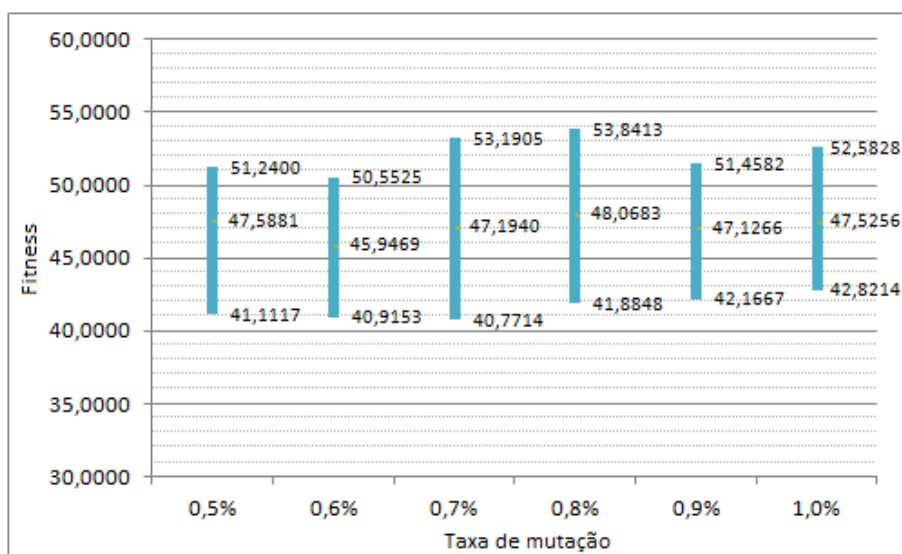


Figura 3.10: Resultados obtidos durante a calibração da taxa de mutação

No primeiro teste, utilizando taxa de mutação de 0,5%, o valor máximo alcançado foi igual a 51,2400, enquanto que o mínimo ficou em 41,1117. A diferença entre o mínimo e máximo ficou em 10,1283, enquanto que a média foi igual a 47,5881. O resultado deste teste com baixa taxa de mutação indicou que não houve variação significativa entre o pior e melhor resultado do algoritmo genético.

O segundo teste utilizou taxa de mutação de 0,6%. O valor máximo alcançado foi igual a 50,5525, enquanto que o mínimo ficou em 40,9153. Houve queda de -1,36% do valor máximo alcançado em relação ao máximo alcançado no teste com taxa de 0,5%.

Por isso, taxa foi novamente elevada um novo teste foi feito para verificar se o *fitness* aumentaria.

O teste seguinte ocorreu com taxa de mutação de 0,7%. Desta vez o resultado máximo melhorou em comparação ao teste com taxa de 0,6%, alcançando valor de 53,1905, ou seja, 4,96% acima do resultado obtido no teste anterior. Contudo, houve queda do valor mínimo, que obteve valor igual a 40,7714, quando comparado com o valor mínimo alcançado pelo teste anterior. O aumento no valor do fitness motivou a realizar mais um teste, elevando novamente a taxa de mutação.

Outro teste foi realizado, elevando a taxa para 0,8%, que alcançou nova máxima com valor de 53,8413, 1,21% acima do teste com 0,7% de taxa e 6,11% superior ao teste com 0,6%, sendo o resultado alcançado em 0,8% o melhor até o momento. O valor médio também ficou acima dos outros testes, com valor médio de 48,0683. O valor mínimo também ficou acima dos valores mínimos registrados pelos outros testes. Em razão da melhora, a execução de mais um teste foi realizada, elevando novamente a taxa de mutação.

Mais um teste foi executado, desta vez com taxa de 0,9%, para verificar se continuava a aumentar os resultados, porém desta vez houve queda de 4,63% no valor máximo alcançado em comparação ao valor máximo obtido pela taxa de 0,8%. O valor médio obtido foi de 47,1266, também abaixo do melhor já alcançado. Contudo, o valor mínimo subiu para 42,1667, alta de 0,67%. Por isso, mais um teste foi realizado, elevando a taxa de mutação novamente, para verificar se o resultado máximo seria melhor.

Por último, a taxa de mutação de 1% foi testada e o valor máximo alcançado ficou abaixo do obtido quando a taxa foi 0,8%, 2,39% abaixo. Tanto o valor mínimo quanto o médio foram inferiores ao obtido com taxa de cruzamento em 0,8%. Por isso, os testes de mutação foram encerrados e iniciou-se os testes de taxas de cruzamento com taxa de mutação fixada em 0,8%.

Depois de encontrada a melhor configuração de mutação, testes para estabelecer a taxa de cruzamento foram realizadas fixando os valores de 50%, 60%, 70%, 80%, 90%. O gráfico 3.11 demonstra os resultados alcançados.

No primeiro teste de configuração do cruzamento, o valor máximo alcançado foi 50,2955 e o mínimo de 42,0154, ficando o valor médio em 47,1781. Este resultado foi o pior alcançado em todas as etapas de configuração, inclusive inferior ao obtido pelos testes de mutação apresentados no gráfico da Figura 3.10.

A taxa de cruzamento foi elevada para 60% e o resultado obtido foi igual a 51,7852. Este resultado foi 2,96% superior ao alcançado à taxa de 50%, porém ainda ruim se comparado aos obtidos quando a mutação foi alterada.

Com a elevação da taxa para 70% e foi observada uma melhora sensível, alcançando resultado igual a 51,5086, o que significa leve perda de 60%, em 0,53% em

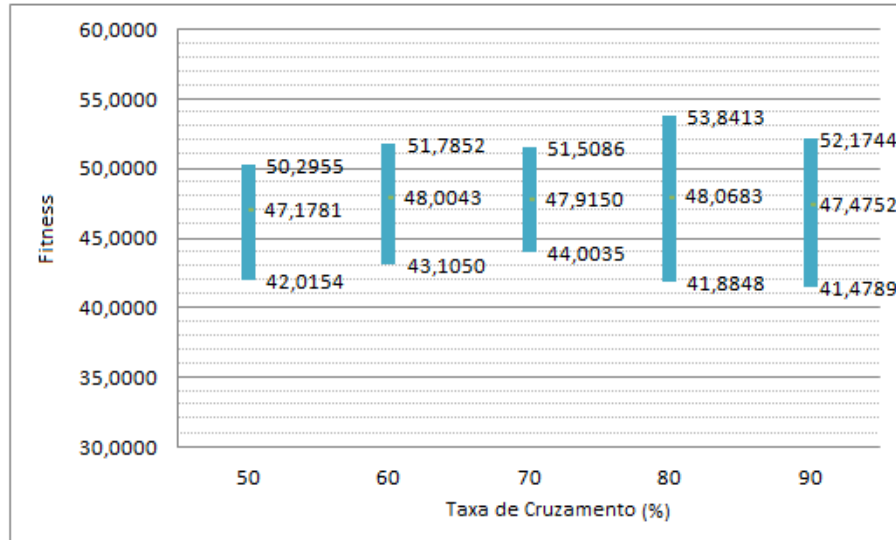


Figura 3.11: Resultados obtidos durante a calibração da taxa de cruzamento

relação ao valor obtido a 60%. O mínimo ficou em 44,0035 e o médio em 47,9150.

Entretanto, sem ter que executar novamente pois já há um teste com taxa de 80% (3.10), o algoritmo genético ao utilizar a taxa de 80% apresenta performance superior àquela obtida quando a taxa era 60%, a qual o valor máximo ficou 3,97% acima, médio e mínimo.

Desse modo, o aumento da taxa de cruzamento provocou melhoria dos resultados. Por isso, mais um teste foi realizado elevando para 90% a taxa. Porém, o resultado alcançado ficou 3,10% abaixo do resultado obtido quando a taxa foi de 80%, em patamar pouco acima dos obtidos às taxa de 50% e 60%.

Portanto, os valores mais apropriados para taxa de mutação e cruzamento são 0,8% e 80%, respectivamente. Estas taxas serão utilizadas nos cenários de testes que serão apresentados na seção seguinte.

3.10 Os cenários de teste

O problema de formação de grupos foi tratado por outros na literatura [69, 21, 201, 127]. No entanto, as abordagens encontradas tratam a formação de grupos através de uma única perspectiva, ou seja, ou observam aspectos funcionais, ou papéis, ou então modelos cognitivos, uma única perspectiva por vez. O algoritmo genético desenvolvido neste trabalho considera duas características. A primeira, diz respeito aos aspectos funcionais da organização. A segunda quanto ao papel do aluno no grupo.

No nosso trabalho, inicialmente as duas perspectivas foram aplicadas de uma única vez, no caso do teste T1, onde se busca obter grupos intra-heterogêneos e inter homogêneos. No segundo caso de teste (T2), o algoritmo foi aplicado para que ele observe

somente os aspectos funcionais. As taxas de configuração do algoritmo genético são exatamente as mesmas. Por último, no caso de teste T3, somente os papéis preferidos pelos funcionários foram verificados. Assim sendo, os cenários de testes que foram adotados neste trabalho são os que estão dispostos na tabela 3.10.

Característica Cenário	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Teste	T1	T2	T3
População	200	200	200
Execuções	30	30	30
Taxa de Cruzamento(%)	80	80	80
Taxa de Mutação (%)	0,8	0,8	0,8
Analisar Papéis	Sim	Não	Sim
Analisar Funções	Sim	Sim	Não
Reparar indivíduos	Sim	Sim	Sim

Tabela 3.10: *Cenário de testes*

Por outro lado, para que obter um objeto para comparação, foi criado um caso de teste para soluções geradas aleatoriamente. Neste caso, foram utilizados os mesmos alunos que o algoritmo genético tratou. A tabela 3.10 apresenta os casos de teste tratados pelo algoritmo gerador aleatório.

No entanto, a comparação de algoritmos genéticos com geradores aleatórios tem mostrado a superioridade dos resultados alcançados por algoritmos genéticos. Deste modo, uma terceira solução para comparação foi gerada, que é o algoritmo genético híbrido. Para implementar esta abordagem algorítmica, ao terminar cada uma das execuções, uma busca local foi realizada para verificar se haveria melhoria da solução. Esta busca foi aplicada nos casos T1, T2 e T3.

3.11 O algoritmo que gera grupos aleatoriamente

Comumente os professores geram grupos aleatoriamente na sala de aula. A título de exemplo, uma das formas utilizadas pelos professores é atribuir um número aos alunos e sortear combinações destes números. As combinações são agrupadas e está formado o grupo.

De modo a simular este cenário e obter uma formação de grupo alternativa ao algoritmo genético, foi construído um algoritmo que gera combinações de grupos aleatoriamente e, em seguida avalia cada solução gerada. O código do gerador aleatório é semelhante ao código do algoritmo genético, com a diferença de que o algoritmo genético recombina as soluções iniciais, chamada população inicial, para encontrar melhores soluções. No caso do algoritmo gerador aleatório, ele simplesmente gera as soluções e avalia.

Assim, não é demais afirmar que a diferença entre o algoritmo genético e o algoritmo que gera soluções aleatórias está que este último não evolui as soluções, ou seja, não executa os passos 3, 4, 5 e 6 do pseudocódigo da Figura 2.4.

Na seção seguinte será apresentado os resultados alcançados pelos três algoritmos.

Experimentos

Após a conclusão das calibrações do algoritmo genético, foram realizados os testes nos ambientes descritos na seção 3.10.

No primeiro teste, foram gerados aleatoriamente um grupo de indivíduos e em seguida cada um deles foi avaliado. No segundo, os grupos foram gerados a partir do AGC. Ao final de cada uma das gerações, foi feita uma busca local a partir do melhor indivíduo obtido pelo AGC e ficou constatado que a solução obtida pelo AGH é superior aos demais algoritmos.

Uma característica importante sobre os casos de teste é que não seria possível comparar os valores alcançados em nenhum dos casos de teste T1, T2 ou T3 entre si. Isso se deve ao fato de que cada um dos três requer uma forma diferente de calcular o fitness. O primeiro caso de teste (T1) requer que seja considerada as características funcionais e papéis preferidos simultaneamente. O caso de teste T2 requer somente informações sobre as funções enquanto que o teste T3 requer os papéis preferidos apenas. Isto faz com que o cálculo do fitness deixe de considerar uma destas características, consequentemente reduzindo o valor.

4.1 Resultados obtidos pelo método aleatório

O algoritmo que gera indivíduos aleatoriamente foi executado nos casos T1, T2 e T3 e em cada uma destas execuções foram gerados 600 mil de indivíduos. Portanto, a quantidade de vezes que o fitness foi calculado não muda de uma geração para outra, totalizando 600 mil vezes ao final. Para o caso de teste T1, o melhor indivíduo encontrado obteve fitness igual a 41,4047. O valor mínimo de fitness foi de 34,8908.

Novamente o método aleatório foi aplicado para gerar as soluções do caso T2. O valor máximo alcançado foi igual a 19,0599 e o mínimo 19,0489. Estes valores demonstram que há uma degradação da qualidade da solução no caso do teste T2 causada pela dependência da diversidade. Isso significa que há pouca diversidade funcional nos dados de entrada do algoritmo e faz com que a aleatoriedade seja usada para imprimir uma diversidade mínima na solução.

No caso de teste T3 aponta uma distância maior entre o mínimo e o máximo, provocada pela maior diversidade dos dados de entrada e a maior quantidade de penalidades existentes na análise de papéis preferidos. O valor máximo atingido foi de 30,2690 enquanto que o valor mínimo foi igual a 27,3388.

O tempo de execução das 30 instâncias ficou em 283, 216 e 213 segundos para os casos de teste T1, T2 e T3, respectivamente. A tabela 4.1 apresenta os valores obtidos aleatoriamente para cada um dos casos de teste.

Tabela 4.1: *Fitness das soluções geradas aleatoriamente*

Teste	T1	T2	T3
Máximo	41,4047	19,0599	30,2690
Mínimo	34,8908	19,0489	27,3388
Médio	38,2231	19,0596	29,1613
Desvio Padrão	2,6625	0,5664	0,0020
Cálculo de fitness	20.000	20.000	20.000
Tempo de execução (s)	283	213	235

Entretanto, estes valores não podem ser assumidos como melhores pois essa eles se mostraram inferiores quando comparada com os resultados obtidos pelo algoritmo genético, demonstrados na seção seguinte.

4.2 Resultados obtidos pelo Algoritmo Genético Canônico

O algoritmo genético canônico foi executado nos casos de teste T1, T2 e T3, sendo que para cada um dos casos foram 30 execuções. A tabela 4.2 apresenta os resultados obtidos em cada um dos casos de teste.

Tabela 4.2: *Fitness das soluções obtidas pelo algoritmo genético canônico*

Teste	T1	T2	T3
Máximo	53,8413	21,8250	42,4000
Mínimo	41,8848	18,8507	31,8055
Médio	48,0683	20,0873	41,3508
Desvio Padrão	2,4099	0,8862	3,2015
Cálculo de Fitness	623.026	496.299	613.200
Tempo de execução (s)	272	217	216

No caso de teste T1, o valor mínimo obtido foi de 53,8413. O valor médio 22,21% acima do valor mínimo e, ao analisar o desvio padrão, observa-se que uma parte significativa dos resultados alcançados ficaram entre o valor médio e o máximo. Reforça essa ideia a distância do valor máximo alcançado que ficou 10,72% acima do valor médio.

Para o caso T2, o menor valor de fitness obtido foi igual a 18,8507. O valor médio ficou 6,16% acima do valor mínimo, em 18,8507. Por outro lado, o valor máximo alcançou 21,8250 e ficou 13,28% acima do valor médio. Observa-se que os valores ficaram muito próximos uns dos outros, obtendo um desvio padrão igual a 0,8862. Isso significa que as características funcionais entre os indivíduos analisados não são muito distantes.

Finalmente, o caso de teste T3 apresenta variações dos valores, sendo obtido o mínimo de 31,8055 e o máximo de 42,4000. O valor médio ficou 23,08% acima do mínimo, enquanto que o máximo ficou 24,99% acima do mínimo. Avaliando o desvio padrão ficou em 3,2015, observa-se que as restrições relacionadas aos papéis são mais significantes e apresentam maior variação nas soluções. Além disso, observa-se que o valor mínimo foi resultado de uma exploração de espaço de busca ruim, o que deve ter feito com que o AG ficasse preso a um ótimo local, sem conseguir melhorar a solução.

Essas variações dos resultados podem ser observadas na Figura 4.1, que apresenta cada uma das execuções do algoritmo e os os valores obtidos em cada uma das execuções, em cada um dos casos de teste, respectivamente nos eixos X e Y. A linha pontilhada representa a média. Como se nota, no caso de teste T1, a execução 8 houve um pico dos valores, onde se obteve o valor máximo de fitness. Por outro lado, a execução 1 alcançou a mínima.

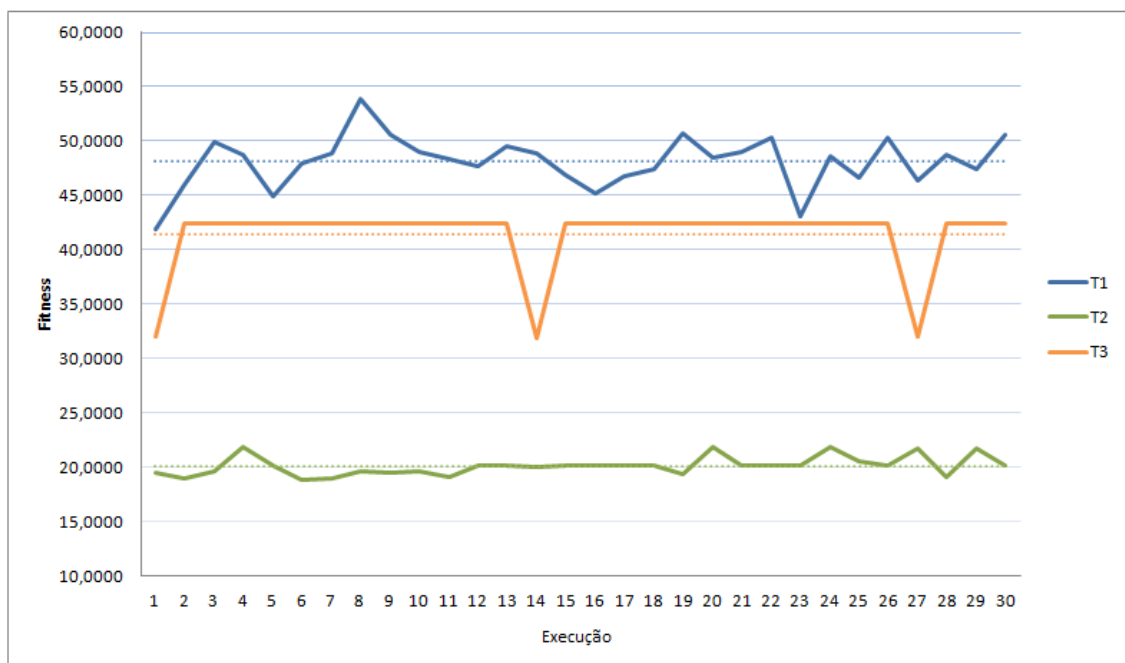


Figura 4.1: Comparativo da variação do fitness obtido pelo algoritmo genético canônico

Quanto ao esforço do algoritmo, no caso de teste T1 o fitness foi calculado 623.026 vezes para vasculhar um espaço de busca de 11^{44} , o que significa boa economia

computacional. O algoritmo genético gastou 272 segundos para realizar as 30 execuções do caso de teste T1. Os casos de teste T2 e T3 gastaram 217 e 216 segundos, respectivamente.

4.3 Resultados obtidos pelo algoritmo genético híbrido

Após o algoritmo genético canônico concluir a execução cada uma das 30 execuções feitas nos casos de teste T1, T2 e T3, foi feita uma busca local a partir do resultado alcançado pelo algoritmo genético canônico. A tabela 4.3 apresenta os resultados obtidos em cada um dos casos de teste.

Tabela 4.3: *Fitness das soluções obtidas pelo Algoritmo Genético Híbrido*

Teste	T1	T2	T3
Máximo	58,1250	21,8250	42,4000
Mínimo	47,0796	19,4370	31,8055
Médio	51,9943	21,2815	41,3508
Desvio Padrão	2,5386	0,8480	3,2015
Cálculo do Fitness	623.026	496.299	613.200
Tempo de execução (s)	272	217	216

No caso de teste T1, o valor mínimo obtido foi de 47,0796. O valor médio obtido foi de 51,9943 e ficou 19,00% acima do valor mínimo e, ao analisar o desvio padrão, observa-se que os resultados mantiveram-se próximos do valor médio. Reforça essa ideia a distância do valor máximo alcançado que ficou 10,55% acima do valor médio.

Para o caso T2, o menor valor de fitness obtido foi igual a 19,4370. O valor médio ficou 8,67% acima do valor mínimo, em 21,2815. Por outro lado, o valor máximo alcançou 21,8250 e ficou 10,94% acima do valor médio. Observa-se que os valores ficaram muito próximos uns dos outros, obtendo um desvio padrão igual a 0,8480. Isso significa que as características funcionais que foram fornecidas como dados de entrada do algoritmo e em seguida analisadas não eram muito distantes, ou seja, não havia muita diversidade nestas características.

Por último, caso de teste T3 obteve valor mínimo de 31,8055 e o máximo de 42,4000. Os resultados obtidos por este teste são os mesmos obtidos pelo algoritmo genético canônico. Isso pode significar que o AGC alcançou o ótimo nas execuções e quando o AGH iniciou ele não conseguiu melhorar a solução. Por outro lado, pode indicar ainda a convergência da população para um ótimo local que deixou tanto o AGH quanto o AGC presos a esta solução.

Essa variação dos resultados pode ser observada na Figura 4.2 que apresenta os valores obtidos em cada execução e em cada um dos casos de teste. A linha pontilhada

representa a média. Como se nota, no caso de teste T1, nas execuções 13 e 22 houveram picos dos valores, em um deles foi obtido o valor máximo de fitness.

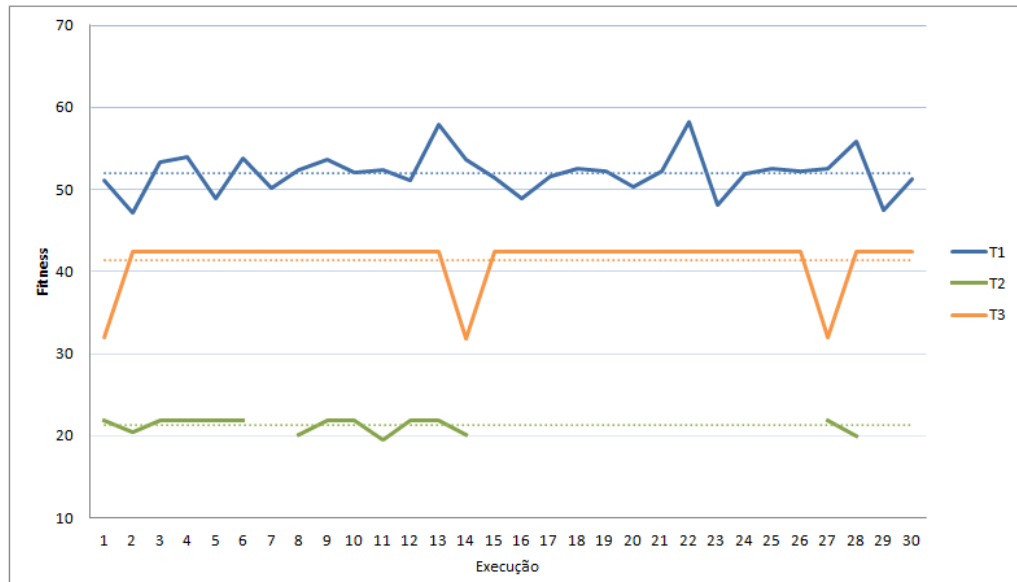


Figura 4.2: Comparativo da variação do fitness obtido pelo algoritmo genético híbrido

O algoritmo genético híbrido utilizou 272 segundos para realizar as 30 execuções do caso de teste T1. O tempo de execução é o mesmo porque a parte do algoritmo genético canônico que é executado antes da busca local foi medido junto à busca local, sendo que esta última demorou em média menos que 5 segundos para ser executada. Os casos de teste T2 e T3 gastaram 217 e 216 segundos, respectivamente.

4.4 Comparativo dos resultados obtidos pelos 3 algoritmos

Cada um dos algoritmos foi executado no mesmo caso de testes, isto é, T1, T2 e T3; e usando a mesma função de reparação. Portanto, comparando os valores alcançados por cada um dos algoritmos nos respectivos casos de testes.

A diferença entre o tempo gasto por cada um dos algoritmos não foi comparada nesta seção, em razão da diferença pequena entre o tempo de execução dispendido pelos algoritmos. Esta questão de tempo foi melhor apresentada na seção 4.5.

4.4.1 Comparativo entre Algoritmo Gerador Aleatório e Algoritmo Genético Canônico

Inicialmente foi feita a comparação entre algoritmo que gera soluções aleatórias e o algoritmo genético canônico. Os resultados desta comparação encontram-se na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Comparativo dos resultados gerados aleatoriamente e obtidos pelo Algoritmo Genético Canônico

Teste		Aleatório	Alg. Gen. Canônico	% Diferença
T1	Máximo	41,4047	53,8413	23,10%
	Mínimo	34,8908	41,8848	16,70%
	Médio	38,2231	48,0683	20,48%
T2	Máximo	19,0599	21,8250	12,67%
	Mínimo	19,0489	18,8507	-1,05%
	Médio	19,0596	20,0873	5,12%
T3	Máximo	30,2690	42,4	28,61%
	Mínimo	27,3388	31,80549	14,04%
	Médio	29,1613	41,35079	29,48%

No caso de teste T1, o valor mínimo alcançado pelo AGC foi 23,10% superior ao alcançado pelo algoritmo que gerou soluções aleatórias. Quando valores máximos foram comparados, ficou constatado que a diferença é ainda superior, em 53,8413%.

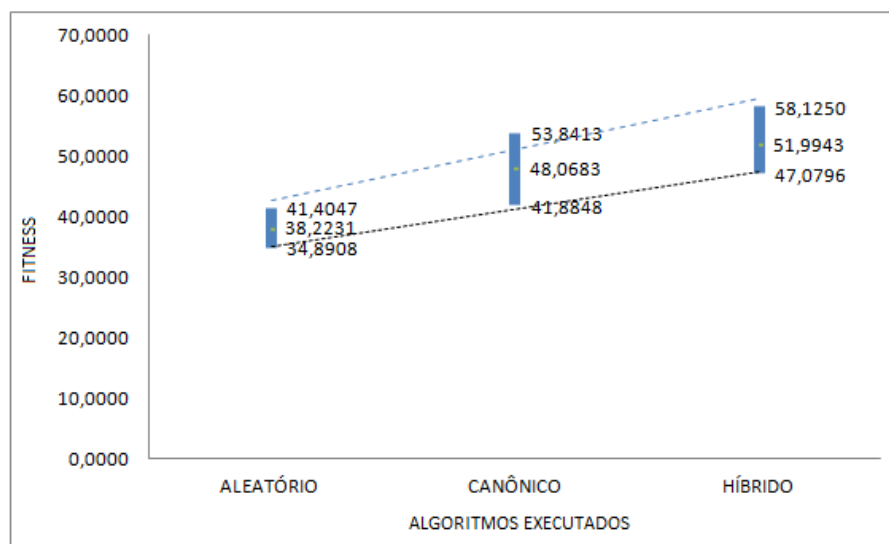


Figura 4.3: Comparativo de resultados obtidos pelos algoritmos no caso de teste T1

A Figura 4.3 apresenta a comparação em forma gráfica. Na Figura, as barras representam o intervalo compreendido entre o valor mínimo e o valor máximo. O três pontos verdes nas barras, um deles com valor de 38,2231, outro com 48,0683 e o

último em 51,9943 que representam o valor médio obtido por cada um dos algoritmos apresentados no testes T1. Para verificar a tendência, a regressão linear foi calculada e traçada duas linhas pontilhadas, uma demonstra a tendência dos valores mínimos e a outra do máximo.

A primeira linha pontilhada, que trata o máximo, corta o *candlestick* que representa o resultado alcançado pelo AGC e observa-se que a linha de tendência corta a barra. Isso pode significar que a diferença entre o resultado do AA e AGC não são lineares no caso T1.

Na sequência, o comparativo dos resultados do caso de teste T2 é apresentado. O resultado mínimo obtido pelo AGC foi -1,05% abaixo enquanto que o máximo ficou 12,67% acima daqueles obtidos pelo AA. Em comparação com o resultado obtido pelo T1, as diferenças ficaram menores. Isso se deve ao fato de que o cenário de teste T2 depende de aleatoriedade para obter diversidade, devido às características relativamente homogêneas que estão sendo recombinadas. Por isso, a diferença entre os resultados dos algoritmos no casos T2 é menor se comparada com T1.

O caso T3 apresenta apresentou variação menor do valor mínimo, o que indica que o AGC pode ter ficado preso a um ótimo local. A diferença entre os mínimos ficaram em 29,48% e o máximo 28,61%, sempre o AGC superior ao AA.

Dessa forma, tendo em vista que o objetivo dos algoritmos era maximizar a função objetivo, observa-se que o AGC é capaz de gerar resultados pelo menos 14,04% superior que o algoritmo gerador aleatório, em cenários que cujos dados a serem recombinados tenham diversidade suficiente para não depender de aleatoriedade. Esta diferença pode ser observada também na comparação feita entre o Algoritmo Gerador Aleatório e o Algoritmo Genético Híbrido que serão apresentada na próxima subseção.

4.4.2 Comparativo entre o Algoritmo Gerador Aleatório e o Algoritmo Genético Híbrido

O AGH obteve resultados superiores ao AA em todos os casos de testes que foram executados. A tabela 4.5 apresenta os resultados alcançados por cada um destes algoritmos.

O primeiro caso de teste (T1) foi o que apresentou maior diferença entre os algoritmos. O valor mínimo ficou 25,89% acima do valor mínimo obtido pelo AA. Já o valor máximo ficou 28,77% acima. Essa diferença demonstra a superioridade de eficiência do AGH para lidar com as duas restrições em conjunto, isto é, diversidade funcional e papéis.

Para o segundo caso de teste (T2) a diferença de desempenho é menor devido à maior homogeneidade das características avaliadas, no caso, a diversidade funcional.

Tabela 4.5: *Comparativo dos resultados gerados aleatoriamente e obtidos pelo Algoritmo Genético Híbrido*

Teste		Aleatório	Alg. Gen. Híbrido	%Diferença
T1	Máximo	41,4047	58,1250	28,77%
	Mínimo	34,8908	47,0796	25,89%
	Médio	38,2231	51,9943	26,49%
T2	Máximo	19,0599	21,8250	12,67%
	Mínimo	19,0489	19,4370	2,00%
	Médio	19,0596	21,2815	10,44%
T3	Máximo	30,2690	42,4000	28,61%
	Mínimo	27,3388	31,8055	14,04%
	Médio	29,1613	41,3508	29,48%

Por isso, as diferenças entre os mínimos e máximos dos algoritmos ficaram em 2,00% e 12,67%, respectivamente.

A Figura 4.4 demonstra a comparação do caso de teste T2 em forma gráfica, de forma semelhante a que foi apresentada na Figura 4.1. No caso da Figura 4.4, as barras representam os mínimos e máximos enquanto que os pontos em verde nas barras representam o valor médio, cujos valores são 26,49%, 10,44% e 29,48%, referentes ao AA, AGC e AGH, respectivamente. As duas linhas pontilhadas demonstraram a tendência de crescimento dos valores mínimo e máximo, através de regressão linear. Pelo que se observa, as duas linhas estão praticamente paralelas o que demonstra uma linearidade do crescimento das diferenças entre os algoritmos.

No caso de teste T3, o AGH obteve a mínima 14,04% superior ao AA. Os valor máximo ficou 28,61%. Os valores para T3 são superiores a T2, apesar de ambos os casos lidarem com apenas um tipo de restrição cada um porque as restrições do caso T3 são restrições mais severas, havendo maior penalização das soluções geradas.

4.4.3 Comparativo entre o Algoritmo Genético Canônico e o Algoritmo Genético Híbrido

Por último, o algoritmo genético canônico e o algoritmo genético híbrido foram comparados. Por se tratarem de valores mais próximos uns dos outros, foram apresentados também o valor médio e o desvio padrão dos valores alcançados por cada um dos algoritmos. Os resultados foram apresentados na tabela 4.6.

No caso de teste T1, o máximo obtido pelo AGH foi 11,03% superior ao AGC. Se comparar os valores máximos, a diferença foi um pouco menor, 7,37%. Observa-se ainda que o desvio padrão ficou relativamente baixo em ambos os casos.

O caso de teste T2 apresentou diferenças menores entre os algoritmos. Para o valor mínimo, o AGH alcançou resultado 3,02% acima do AGC. No caso do máximo,

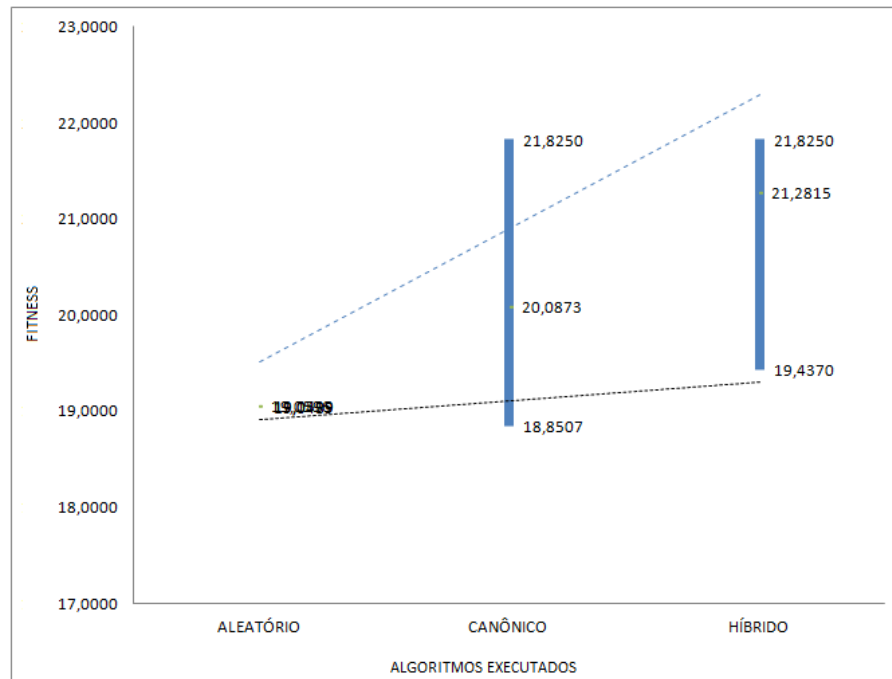


Figura 4.4: Comparativo de resultados obtidos pelos algoritmos no caso de teste T2

Tabela 4.6: Comparativo dos resultados obtidos pelo Algoritmo Genético Canônico e Algoritmo Genético Híbrido

Teste		Alg. Gen. Canônico	Alg. Gen. Híbrido	% Diferença
T1	Máximo	53,8413	58,1250	7,37%
	Mínimo	41,8848	47,0796	11,03%
	Médio	48,0683	51,9943	7,55%
	Desvio Padrão	2,4099	2,5386	5,07%
T2	Máximo	21,8250	21,8250	0,00%
	Mínimo	18,8507	19,4370	3,02%
	Médio	20,0873	21,2815	5,61%
	Desvio Padrão	0,8862	0,8480	-4,51%
T3	Máximo	42,4000	42,4000	0,00%
	Mínimo	31,8055	31,8055	0,00%
	Médio	41,3508	41,3508	0,00%
	Desvio Padrão	3,2015	3,2015	0,00%

ambos algoritmos alcançaram o valor de 21,8250. Apesar da pouca diferença no comparativo dos mínimos e máximos alcançados pelos algoritmos, a média denuncia que o AGH obteve resultados superiores que o AGH na maioria dos casos e o desvio padrão menor mostra a robustez do AGH que alcançou resultados melhores mais vezes.

Finalmente, no caso de teste T3 os algoritmos alcançaram os mesmos resultados. Isso significa que ambos são eficientes para encontrar bons valores nas circunstâncias em que foram executados. A Figura 4.5 demonstra a comparação do caso de teste T3. Pelo que se observa, as duas linhas apresentam caminhos divergentes o que demonstra maior

crescimento do crescimento das diferenças entre os algoritmos.

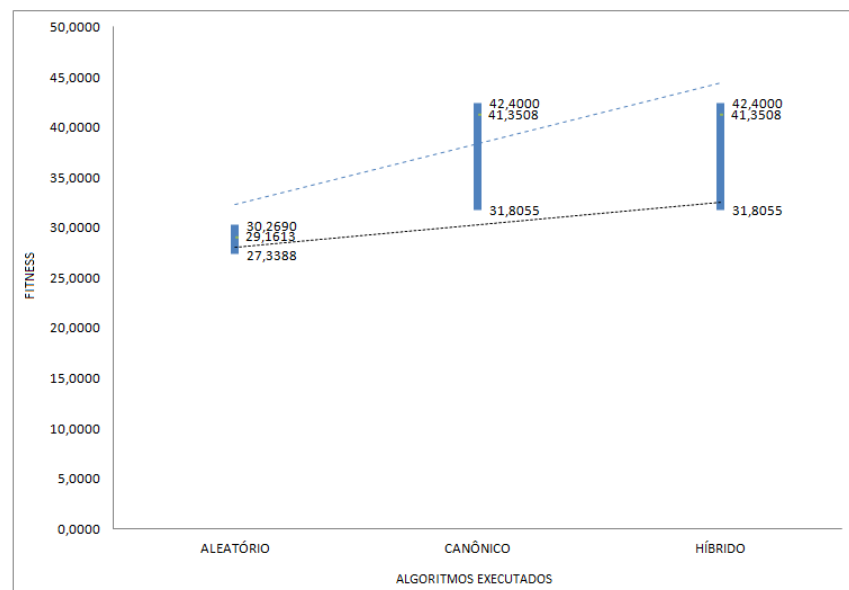


Figura 4.5: Comparativo de resultados obtidos pelos algoritmos no caso de teste T3

4.5 Resultados dos testes adicionais

Além dos testes mencionados no capítulo 3, foram feitos outros dois testes. O primeiro deles foi feito no sentido de verificar a escalabilidade do algoritmo, isto é, verificar o comportamento e desempenho dele ao lidar com uma entrada maior.

Desse modo, os dados da entrada utilizados foram aqueles descritos na seção 3.9.1, dos quais cada indivíduo foi replicado 5 vezes dentro da mesma entrada, ou seja, os dados de entrada iniciais constavam informações de 44 funcionários e devido à replicação em 5 vezes, o novo teste foi feito com 220 funcionários, somente no caso de teste T1.

O valor de fitness obtido é irrelevante na execução deste primeiro teste, visto que se trata agora de análise de desempenho do algoritmo. No teste, o algoritmo demorou 2500 segundos para tratar uma entrada com 220 funcionários, executando o fitness 636223 vezes. Observa-se, quando comparados com os resultados das tabelas 4.2 e 4.3, que a diferença entre a quantidade de vezes que fitness foi muito pequena, apesar do teste com a entrada aumentada ter sido 9,19 vezes superior ao primeiro.

Esta superioridade de tempo dispendido, sem que houvesse aumento da quantidade de vezes que o fitness foi calculado, foi decorrente do fato de que para calcular o fitness, o algoritmo montava os grupos com as características fornecidas nos dados de entrada, ou seja, para cada grupo montado com 4 funcionários, o algoritmo teria que var-

rer toda a entrada para encontrar as características dos funcionários e assim fornecer as informações para o cálculo que foram apresentadas no capítulo III. Desse modo, maior a entrada, mais tempo o algoritmo leva para obter as informações usadas para o cálculo do fitness.

Além disso, o espaço de busca inicial de 11^{44} , ou seja, aproximadamente $6,62E45$, foi elevado para 55^{220} que totaliza $7,58E382$, o que significa que o aumento do espaço de busca foi muito superior ao aumento do tempo de execução do algoritmo, reafirmando a viabilidade de utilizar o algoritmo.

O segundo teste foi feito com dados de entrada simulados. Este teste foi realizado devido à pouca diversidade de funcional dos funcionários encontradas nos dados reais que utilizados para execução do algoritmo genético, um teste adicional foi realizado. Este teste adicional utilizou dados de entrada simulados, gerados aleatoriamente. As características dos casos de teste, taxa de mutação e cruzamento são as mesmas que foram utilizadas nos testes anteriores. A tabela 4.7 apresenta a distribuição de frequência dos dados de entrada enquanto que a tabela 4.8 mostra os resultados obtidos pela mudança dos dados de entrada.

Tabela 4.7: *Distribuição de frequência dos funcionários utilizada no teste adicional*

Valor	Vínculo	Assimetria	Responsabilidade	Competência	Papéis
1	11	9	8	7	7
2	11	11	7	4	4
3	11	7	10	11	6
4	11	8	4	11	5
5		4	4	5	5
6		5	5	6	5
7			6	0	5
8					2
9					5

Na comparação dos resultados alcançados pelo algoritmo após a mudança dos dados de entrada, o valor fitness obtido no caso de teste T1, a partir dos dados reais (4.6) ficou em 53,8413 enquanto que com os dados simulados ficou em 67,1121, 24,65% acima.

No entanto, o que chamou a atenção foi o caso de teste T2. A inclusão de diversidade funcional fez com que houvesse maior quantidade de combinações que afetaram o cálculo do fitness, o que fez com que o valor máximo ficasse 86,90% superior. Isso demonstra que o algoritmo resolveu o problema de maneira eficiente e que o baixo valor de fitness é refletido pela baixa diversidade dos dados de entrada.

Tabela 4.8: *Comparativo dos resultados obtidos a partir de dados de entrada simulados*

Teste		Alg. Gen. Canônico	Alg. Gen. Híbrido	%Diferença
T1	Máximo	67,1121	74,3125	9,69%
	Mínimo	57,1038	61,6662	7,40%
	Médio	62,9737	66,3589	5,10%
T2	Máximo	44,0000	74,3125	40,79%
	Mínimo	44,0000	61,6663	28,65%
	Médio	44,0000	66,3589	33,69%
T3	Máximo	35,8982	42,4000	15,33%
	Mínimo	28,9812	31,8055	8,88%
	Médio	31,5646	41,3508	23,67%

Conclusões

Neste trabalho foi desenvolvido um modelo para formação de grupos para aplicação da área CSCL no ambiente de trabalho, denominado CSCL@Work. O modelo proposto considerou dois importantes aspectos: características funcionais dicotômicas e papéis. As características funcionais no Tribunal de Justiça de Goiás possuem aspectos dicotômicos que colocam os indivíduos detentores destas características em posições opostas na organização. Por meio de uma investigação conduzida por entrevistas, questionários, observações e análises de conteúdo, feitas no Tribunal de Justiça, foram encontradas 4 (quatro) características: vínculo institucional, assimetria da informação, responsabilidade gestor e controlador e competências central e não central.

Além de características dicotômicas, o modelo engloba os papéis preferidos pelos funcionários na formação de grupo, para formar grupos cuja necessidade por funcionários com perfil de criatividade ou liderança seja suprida.

Após contextualizar o modelo, ele foi aplicado a um grupo de funcionários do Tribunal de Justiça de Goiás, que havia participado de um curso online oferecido aos funcionários semestralmente. A partir disso foram obtidas as características funcionais destes funcionários. Os papéis preferidos foram atribuídos aleatoriamente a este mesmo grupo de funcionários, porém a partir de uma distribuição que demonstrava a frequência de ocorrência destes papéis nas pessoas, conforme pesquisa realizada por Belbin no Reino Unido.

O resultado da aplicação do modelo, nos referidos funcionários, resultou nos dados de entrada para 3 (três) abordagens algorítmicas apresentadas para formação de grupos intra-heterogêneos e inter-homogêneos, considerando as características funcionais dicotômicas e os papéis preferidos dos funcionários. Construímos um algoritmo que gera grupos aleatoriamente, um algoritmo genético canônico e um algoritmo genético híbrido.

Assim, foram criados 3 (três) casos de teste e executado cada um dos algoritmos para cada um dos testes. Esta aplicação permitiu constatar que o AGH obtém resultados superiores aos demais algoritmos. Concluímos ainda que quando a diversidade de uma característica dos dados de entrada é pequena, apesar do resultado obtido pelo algoritmo genético híbrido ser mais robusto, termina no ótimo ou mais próximo do ótimo, a

diferença entre os o AGC e o AGH é muito pequena.

Além disso, foi observado que, dentre os funcionários cujos perfis foram traçados, as diferenças entre algumas características funcionais é relativamente pequena, como é o caso do vínculo institucional; enquanto que em outras, como assimetria da informação, há maior diversidade.

O preenchimento da lacuna de pesquisas sobre aplicação de CSCL no ambiente de trabalho foi buscado neste trabalho, o qual apresentou contribuições originais na área de CSCL@Work a seguir listadas:

- Propositura de um modelo para formação de grupos para CSCL@Work. No modelo proposto foram consideradas características funcionais dicotômicas, ou seja, características, baseadas na teoria da espiral do conhecimento de Nonaka [134], que pela sua natureza, coloca os funcionários em posições opostas na organização. Foram identificadas, no Tribunal de Justiça de Goiás, 4 (quatro) características que atendem a este requisito: responsabilidade de gestor e controlador, vínculo institucional, assimetria da informação e competências centrais e não centrais. Essa modelagem baseada em aspectos funcionais dicotômicos ainda não havia sido abordada na literatura.
- Realização de uma rigorosa análise de conteúdo acerca do modo de operação do Tribunal de Justiça, atribuições de cada um dos funcionários, observação de comportamento, localização geográfica, identificando e categorizando o perfil de cada funcionário. A partir desta categorização, foi criada uma taxonomia para cada uma das 4 (quatro) características funcionais encontradas. Esta taxonomia pode ser aplicada em outros Tribunais de Justiça, porque mapeiam características que são comuns a estes tribunais.
- Propositura de formação de grupos que satisfizesse a necessidade de perfis de liderança e criatividade, perfis identificados a partir de um levantamento dos papéis preferidos de cada um dos participantes. No caso desta pesquisa, os dados trabalhados foram simulados, porém respaldados pela literatura existente.

Do ponto de vista computacional, o trabalho apresentou como principais contribuições:

- Fornecimento de 3 (três) algoritmos de formação de grupos intra-heterogêneos e inter-homogêneos, para aplicação do modelo, a partir da diversidade de funções e papéis, para que os funcionários pudessem construir o conhecimento no ambiente de trabalho utilizando-se das técnicas de formação de grupos em CSCL@Work.
- Modelagem de uma função objetivo para aferir a qualidade dos grupos, com criação de 3 (três) casos de testes e execução dos algoritmos em cada um destes casos. Foi

feita a comparação dos resultados obtidos pelos três algoritmos em cada um dos casos, fornecendo informações importantes para pesquisas futuras, com a conclusão de que o melhor algoritmo proposto é o Algoritmo Genético Híbrido.

Em razão deste trabalho se enquadrar na área CSCL@Work, a partir do qual foram formados grupos inter-homogêneos e intra-heterogêneos considerando as características existentes no contexto do Tribunal de Justiça do Estado de Goiás. Pretende-se disponibilizar um treinamento para os funcionários via EaD, no qual serão realizadas 3 (três) atividades, sendo que em cada uma das atividades será realizada em grupos com 4 (quatro) participantes e estes grupos serão selecionados pelos algoritmos propostos.

A execução deste treinamento proposto nos permitirá:

- Validar o modelo proposto através da observação do comportamento dos funcionários durante a realização dos trabalhos.
- Analisar o comportamento e desempenho dos funcionários, para identificar se houve melhora nas colaborações e interações entre os membros do grupo, através da comparação tanto do desempenho individual quando da pertinência de um funcionário a determinado grupo quanto ao desempenho global do grupo.
- Avaliar se há diferenças significativas nos papéis preferidos exercidos pelos funcionários da organização.
- Verificar se houve compartilhamento do conhecimento criado a partir de interações no grupo, comparando a evolução do desempenho e a diferença deste desempenho entre os funcionários.
- Obter resultados reais sobre o desempenho dos alunos o que permite a construção de outros algoritmos que possam obter melhores que os algoritmos apresentados.

Referências Bibliográficas

- [1] ABDOLLAH HOMAIFAR, C. X. Q.; LAI, S. H. **Constrained optimization via genetic algorithms.** *SIMULATION*, 62(4):242–254, 1994.
- [2] ABNAR, S.; OROOJI, F.; TAGHIYAREH, F. **An evolutionary algorithm for forming mixed groups of learners in web based collaborative learning environments.** In: *Technology Enhanced Education (ICTEE), 2012 IEEE International Conference on*, p. 1–6, 2012.
- [3] ADAMIDES, E. D.; KARACAPILIDIS, N. **Information technology support for the knowledge and social processes of innovation management.** *Technovation*, 26:50–59, 2006.
- [4] AGGARWAL, A. **Functional diversity and its impact on distributed groups: An exploratory study.** In: *Proceedings of the 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences*, HICSS '12, p. 444–453, Washington, DC, USA, 2012. IEEE Computer Society.
- [5] AGGARWAL, A. K. **Diversity in distributed decision making: An exploratory study.** In: *Proceedings of the 2010 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, HICSS '10, p. 1–11, Washington, DC, USA, 2010. IEEE Computer Society.
- [6] AGHA, S.; ALRUBAIEE, L.; JAMHOUR, M. **Effect of core competence on competitive advantage and organizational performance.** *International Journal of Business and Management*, 7(1):192–204, Janeiro 2012.
- [7] ANDERSON, W.; HILTZ, S. **Culturally heterogeneous vs. culturally homogeneous grupos in distributed group support systems: effects on group process and consensus.** In: *34th International Conference on Systems Sciences*, 2001.
- [8] ANNE POWELL, GABRIELE PICCOLI, B. I. **Virtual teams: A review of current literature and directions for future research.** *The data base for Advances in Information Systems*, 35(1):6–36, 2004.

- [9] APPELBAUM, S. H.; GALLAGHER, J. **The competitive advantage of organizational learning.** *Journal of Workplace Learning: Employee Counselling Today*, 12(2):40–56, 2000.
- [10] ARAGON, C. R.; WILLIAMS, A. **Collaborative creativity: a complex systems model with distributed affect.** In: *CHI '11 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, p. 1875–1884, 2011.
- [11] ASOH, H.; MÜHLENBEIN, H. **On the mean convergence time of evolutionary algorithms without selection and mutation.** In: *PARALLEL PROBLEM SOLVING FROM NATURE, LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE 866*, p. 88–97. Springer-Verlag, 1994.
- [12] AVOLIO, B. **Full Leadership Development: Building the Vital Forces in Organizations.** Advanced Topics in Organizational Behavior series. SAGE Publications, 1999.
- [13] BANDURA, A. **Social foundations of thought and action: a social cognitive theory.** Prentice-Hall series in social learning theory. Prentice-Hall, 1986.
- [14] BANI-HANI, J. S.; FALEH, A. A. **The impact of core competencies on competitive advantage: Strategic challenge.** *Journal of Business and Management*, 4(2), 2011.
- [15] BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Edições 70, 2006. Título original: *L'analyse de contenu*, Presses Universitaires de France, 1977.
- [16] BARNATT, C. **Virtual organizations in the small business sector: the case of cavendish management resources.** *International Small Business Journal*, 15(4):36–47, 1997.
- [17] BASADUR, M.; HEAD, M. **Team performance and satisfaction: A link to cognitive style within a process framework.** *Journal of Creative Behavior*, 35:227–248, 2001.
- [18] BASS, B. **Transformational Leadership: Industrial, Military, and Educational Impact.** Lawrence Erlbaum Associates, Incorporated, 1998.
- [19] BASS, B.; AVOLIO, B. **Improving Organizational Effectiveness Through Transformational Leadership.** Thousands Oaks, California, 1994.
- [20] BATTITI, R.; BRUNATO, M.; MASCIA, F. **Reactive search and intelligent optimization.** Technical report, Università Degli Studi di Trento, Julho 2007.

- [21] BEKELE, R. **Computer-Assisted Learner Group Formation Based on Personality Traits**. PhD thesis, Universität Hamburg, 2005.
- [22] BELBIN, M. **Team Roles at Work**. Oxford: Butterworth Heinemann, 1993.
- [23] BELBIN, R. **Management Teams: Why They Succeed Or Fail**. Butterworth-Heinemann, 1981.
- [24] BELEW, R. K. **Evolving networks: Using the genetic algorithm with connectionist learning**. Technical report, University of California, La Jolla, CA 92093, Junho 1990.
- [25] BERGER, N. **Pionnering experiences in distance learning: Lessons learned**. *Journal of Management Education*, 23(6):684–690, 1999.
- [26] BERTUCCI, A.; MELONI, C.; CONTE, S.; CARDELLINI, L. **The role of personality gender and interaction in a cooperative and a computer supported collaborative learning task**. *Journal of Science Education*, 6:32–36, 2005.
- [27] BRADLEY, J. H.; HEBERT, F. J. **The effect of personality type on team performance**. *Journal of Management Development*, 16:337–353, 1997.
- [28] BRANDON, D.; HOLLINGSHEAD, A. **Collaborative learning and computer supported groups**. *Communication Education*, 48(2):109–126, 1999.
- [29] BRASIL. **Constituição da república federativa do brasil**. Internet. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm, acesso em 14/07/2013.
- [30] BROPHY, D. **Understanding, measuring, and enhancing collective creative problem-solving efforts**. *Creative Research Journal*, 3:199–299, 1998.
- [31] BROWN, A.; CAMPIONE, J. **Guided discovery in a community of learners**. In: Press, C. M., editor, *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice*, p. 229–270. Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice, 1994.
- [32] BROWN, S.; EISENHARDT, K. **Product development: past research; present findings, and future directions**. *Academy of Management Review*, 20:343–378, 1995.
- [33] BUNDERSON, J. S.; SUTCLIFFE, K. **Comparing alternative conceptualizations of functional diversity and performance effects**. *Academy of Management Journal*, 45 (5):875–893., 2002.

- [34] CAETANO, S. S.; FERREIRA, D. J.; CAMILO-JR, C. G. **Multi-objective genetic algorithm for competency-based selection of auditing teams.** *Journal of Software & Systems Development*, 2013(2013), 2013.
- [35] CANNON, D.; WHEELDON, D. **ITIL Service Operation.** TSO, May 2007.
- [36] CARSON, J. B.; TESLUK, P. E.; MARRONE, J. A. **Shared leadership in teams: An investigation of antecedent conditions and performance.** *Academy of Management Journal*, 50(5):1217–1234, 2007.
- [37] CARTE, T. A.; CHIDAMBARAM, L.; BECKER, A. **Emergent leadership in self-managed virtual teams: A longitudinal study of concentrated and shared leadership behaviors.** *Group Decision and Negotiation*, 15(4):323–343, 2006.
- [38] CAVANAUGH, R.; ELLIS, M.; LAYTON, R.; ARDIS, M. **Automating the process of assigning students to cooperative-learning teams.** In: *in proc. 2004 ASEE Annual Conf*, 2004.
- [39] CHAN, K. W. **Issues of heterogeneous grouping for engaged learning.** In: *APER A Conference 2006*, 2006.
- [40] CHIDAMBARAM, L.; CARTE, T. **Diversity: Is there more than meets the eye.** In: *The 38th International Conference on System Science*, 2005.
- [41] CHRISTODOULOPOULOS, C. E.; PAPANIKOLAOU, K. A. **Investigation of group formation using low complexity algorithms.** In: *Proceedings of Workshop on Personalisation in E-Learning Environments at Individual and Group Level*, p. 57–60, 2007. 1th International Conference on User Modeling.
- [42] CONGER, J. A., K. R. A. **Towards a behavioral theory of charismatic leadership in organizational settings.** *Academy of Management Review*, 12:637–647, 1987.
- [43] COX, T. **The multicultural organization.** *Academy of Management Executive*, 5:34–47, 1991.
- [44] COX, T.; BLAKE, S. **Managing cultural diversity: Implications for organizational competitiveness.** *Academy of Management Executive*, 5:45–56, 1991.
- [45] DARWIN, C. **On the Origin of the Species by Means of Natural Selection: Or, The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life.** John Murray, 1859.
- [46] DAVIDSON, N.; KROLL, D. L. **An overview of research on cooperative learning related to mathematic.** *Journal for Research in Mathematics Education*, 22:362–365, 1991.

- [47] DE GEUS, A. **The living company**. Harvard Business School Press, 1997.
- [48] DE PAIVA, I. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Educação e realidade: interdisciplinar**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005.
- [49] DEB, K. **An efficient constraint handling method for genetic algorithms**. In: *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, p. 311–338, 1998.
- [50] DILLENBOURG, P. **Over-scripting cscl: The risks of blending collaborative learning with instructional design**. <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/19/02/30/PDF/Dillenbourg-Pierre-2002.pdf>, acesso em 14.05.2013.
- [51] DILLENBOURG, P. **What do you mean by 'collaborative learning'?** *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches.*, 1999.
- [52] DOWLING, K.; CHIM, T. **Reflectors as online extraverts**. *Educational Studies*, 30(06):265–276, 2004.
- [53] DRUCKER, P. **Post-Capitalism Society**. Butterworth Heinemann, 1993.
- [54] EBRAHIM, N. A.; AHMED, S.; TAHA., Z. **Virtual teams: a literature review**. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(3):2653–2669, 2009.
- [55] EIBEN, A. E.; SMITH, J. E. **Introduction to Evolutionary Computing**. Natural Computing Series. Springer, 2003.
- [56] EIBEN, A.; RAUÉ, P.-E.; RUTTKAY, Z. **Ga-easy and ga-hard constraint satisfaction problems**, 1995.
- [57] EL-MIHOUB, T. A.; HOPGOOD, A. A.; NOLLE, L.; BATTERSBY, A. **Hybrid genetic algorithms: A review**. *Engineering Letters*, 13(2), 2006.
- [58] ENGELBRECHT, A. P. **Computational intelligence : an introduction**. John Wiley & Sons, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, 2nd edition edition, 2007.
- [59] FELDER, R. M.; SILVERMAN, L., K. **Learning and teaching styles in engineering education**. *Engr. Education*, 78:674–681, 1988. Disponível em <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/LS-1988.pdf>, acesso em 28/12/2012.
- [60] FELDER, R. M. **How students learn: Adapting teaching styles to learning styles**. In: *Frontiers In Education Conference Proceedings*, p. 489–493, 1988.

- [61] FELIX, Z.; TEDESCO, P. **Formação de grupos de aprendizagem em ambientes cscl ciente de contexto.** *II SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, 2006.
- [62] FILHO, J. A. B. L.; QUARTO, C. C.; FRANCA, R. M. **Clustering algorithm for the socio-affective groups formation in aid of computer supported collaborative learning.** *Sistemas Colaborativos II, Simpósio Brasileiro de*, 0:24–27, 2010.
- [63] FISCHER, G. **A conceptual framework for computer-supported collaborative learning at work.** In: Goggins, S. P.; Jahnke, I.; Wulf, V., editors, *Computer-Supported Collaborative Learning at the Workplace*, volume 14 de **Computer-Supported Collaborative Learning Series**, p. 23–42. Springer US, 2013.
- [64] FORSYTH, D. **Group Dynamics.** Psychology Series. Brooks/Cole, Wadsworth, 1999.
- [65] FREED, S. **Pensar, dialogar e aprender.** <http://www.andrews.edu/freed/ppdfs/4-10InterdependenciaPositiva.pdf>, acesso em 17.02.2013.
- [66] GOGGINS, S.; JAHNKE, I.; WULF, V. **Cscl@work revisited - beyond cscl and cscw?: are there key design principles for computer supported collaborative learning at the workplace?** In: *Proceedings of the 17th ACM international conference on Supporting group work*, GROUP '12, p. 323–326, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [67] GOGGINS, S. P.; JAHNKE, I. **Cscl@work: Making learning visible in unexpected online places across established boundaries.** *IJSKD*, 4(3):17–37, 2012.
- [68] GOIÁS, E. **Lei nº 17.663, de 14 de junho de 2012.** Internet, 06 2012. Dispõe sobre a reestruturação da Carreira dos Servidores do Poder Judiciário do Estado de Goiás e dá outras providências.
- [69] GRAF, S.; BEKELE, R. **Forming heterogeneous groups for intelligent collaborative learning systems with ant colony optimization.** In: Springer-Verlag Berlin, H., editor, *ITS'06 Proceedings of the 8th international conference on Intelligent Tutoring Systems*, p. 217–226, 2006.
- [70] GRANT, R. **Toward a knowledge-based theory of firm.** *Strategic Management Journal*, 17:109–122, 1996.
- [71] GRUAU, F.; WHITLEY, D. **Adding learning to the cellular development of neural networks: Evolution and the baldwin effect.** *Evol. Comput.*, 1(3):213–233, Sept. 1993.

- [72] GRUDIN, J. **Computer-supported cooperative work: history and focus.** *Computer*, 27(5):19–26, 1994.
- [73] GRUNERT, K. G.; HILDEBRANDT, L. **Success factors, competitive advantage and competence development.** *Journal of Business Research*, 57(5):459 – 461, 2004. <ce:title>Success factors, competitive advantage and competence development</ce:title>.
- [74] GUIMERÀ, R.; UZZI2, B.; SPIRO, J.; AMARAL1, L. A. N. **Team assembly mechanisms determine collaboration network structure and team performance.** *Science*, 308(5722):697–702, April 2005.
- [75] GUZZO, R.; DICKSON, M. **Teams in organizations: Recent research on performance and effectiveness.** *Annual Review of Psychology*, 47:307–338, 1996.
- [76] HAKKINEN, P. **What makes learning and understanding in virtual teams so difficult?** *CyberPsychology & Behavior*, 7(2):201–206, 2004.
- [77] HARE, A. P. **Types of roles in small groups : A bit of history and a current perspective.** *Small Group Research*, 25:433–448, 1994.
- [78] HARRINGTON, D.; KEARNEY, A. **The business school in transition: New opportunities in management development, knowledge transfer and knowledge creation.** *Journal of European Industrial Training*, 35(2):116–134, 2011.
- [79] HARRISON, D.; PRICE, K.; GAVIN, J.; FLOREY, A. **Time, teams and task performance: Changing effects of surface and deep-level diversity on group functioning.** *Academy of Management Journal*, 45(5):1029–1045, 2002.
- [80] HART, W. E. **Adaptive global optimization with local search.** PhD thesis, La Jolla, CA, USA, 1994. UMI Order No. GAX94-32928.
- [81] HAUPT, R.; HAUPT, S. **Practical Genetic Algorithms.** Wiley, 2nd edition, 2004.
- [82] HENRY, S. M.; STEVENS, K. T. **Using belbin’s leadership role to improve team effectiveness: an empirical investigation.** *J. Syst. Softw.*, 44(3):241–250, Jan. 1999.
- [83] HOADLEY, C. **Roles, design, and the nature of cscl.** *Computers in Human Behavior*, 26(4):551–555, Julho 2010. Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands.
- [84] HOLLAND, J. H. **Adaptation in Natural and Artificial Systems.** The University of Michigan Press, 1975.

- [85] HOUSE, R. J.; SHAMIR, B. **Toward the integration of transformational, charismatic, and visionary theories.** In: Press, U. A., editor, *Leadership theory and research: Perspectives and directions*, p. 81–107. M. M. Chemers and R. Ayman, San Diego, CA, 1993.
- [86] HOWELL, J.; AVOLIO, B. J. **Transformational leadership, transactional leadership, locus of control and support for innovation: Key predictors of consolidated-business unit performance.** *Journal of Applied Psychology*, 78:891–902, 1993.
- [87] HUBSCHER, R. **Assigning students to groups using general and context-specific criteria.** *IEEE Trans. Learn. Technol.*, 3(3):178–189, July 2010.
- [88] JANIS, I. **Group Think.** 1971.
- [89] JARKE, M. **Experience-based knowledge management: a cooperative information systems perspective.** *Control Engineering Practice*, 10:561–569, 2002.
- [90] JARVENPAA, S. L.; LEIDNER, D. E. **Communication and trust in global virtual teams.** *Organization Science*, 10(6):791–815, June 1999.
- [91] JIN, N.; TSANG, E.; LI, J. **A constraint-guided method with evolutionary algorithms for economic problems.** *Appl. Soft Comput.*, 9(3):924–935, June 2009.
- [92] JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. **Learning together and alone: Cooperation, competition and individualistic learning.** Prentice Hall, 1987.
- [93] JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T. **Making cooperative learning work.** *Theory Into Practice*, 38(2):67–73, 1999.
- [94] JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; STANNE, M. B. **Impact of group processing on achievement in cooperative groups.** *The journal of Social Psychology*, 130(4):507–516, 2001.
- [95] JOHNSON, D.; JOHNSON, R. **Creative controversy: intellectual challenge in the classroom.** Interaction Book Company, 1995.
- [96] JOHNSON, R. T.; JOHNSON, D. W. **An overview of cooperative learning.** http://teachers.henrico.k12.va.us/staffdev/mcdonald_j/downloads/21st/comm/BenefitsOfCL/Overv acesso em 27.12.2012.
- [97] JÄRVELÄ, S.; JÄRVENOJA, H.; VEERMANS, M. **Understanding the dynamics of motivation in socially shared learning.** *International Journal of Educational Research*, 47(2):122–135, 2008.

- [98] JUNG, D.; AVOLIO, B. **Effects of leadership style and followers' cultural values on performance under different task structure conditions.** *Academy of Management Journal*, 42:208–218, 1999.
- [99] KANKANHALLI, A.; TAN, B.; WEI, K.-K. **Conflict and performance in global virtual teams.** *J. Manage. Inf. Syst.*, 23(3):237–274, Jan. 2007.
- [100] KAPLAN, H., R.; NORTON, D. **The Balanced Scorecard: Translating Strategy Into Action.** Harvard Business School Press. Harvard Business School Publishing India Pvt. Limited, 1996.
- [101] KESSLER, E. H. **Leveraging e-r&d processes: a knowledge-based view.** *Technovation*, 23:905–915, 2003.
- [102] KIRSCHNER, P. A.; STRIJBOS, J.-W.; KREIJNS, K.; BEERS, P. **Designing electronic collaborative learning environments.** *Educational Technology Research and Development*, 52(3):47–66, 2004.
- [103] KOLB, D. A. **The modern american college - Responding to the new realities of diverse students and a changing of society.** Artur W. Chichering and associates, 1981.
- [104] KOLB D., A. **Learning Style Inventory: Technical Manual.** 1976.
- [105] KREBS, S., H. E.; BORDIA, P. **Virtual teams and group member dissimilarity.** *Small Group Research*, 37(6):721–741, 2006.
- [106] KREIJNS, C.; P.A., K.; JOCHEMS, W. **Identifying the pitfalls for social interaction in computer-supported collaborative learning environments: a review of the research.** *Computers in Human Behavior*, 19:335–354, 2003.
- [107] KREIJNSA, K.; KIRSCHNERB, P. A.; JOCHEMSB, W. **Identifying the pitfalls for social interaction in computer-supported collaborative learning environments: a review of the research.** *Computers in Human Behavior*, 19:335–353, 2003.
- [108] KURTZBERG, T. R. **Feeling creative, being creative: An empirical study of diversity and creativity in teams.** *Creativity Research Journal*, 17 (1):51–65, 2005.
- [109] LAZERSON, M.; WAGENER, U. **Teaching and learning the unfamiliar.** *Change: The Magazine of Higher Learning*, 31:38–39, 1999.
- [110] LIANG, C.-J.; LIN, Y.-L.; HUANG, H.-F. **Effect of core competence on organizational performance in an airport shopping center.** *Journal of Air Transport Management*, 31(0):23 – 26, 2013. <ce:title>Notes</ce:title>.

- [111] LIN, Y.-T.; HUANG, Y.-M.; CHENG, S.-C. **An automatic group composition system for composing collaborative learning groups using enhanced particle swarm optimization.** *Comput. Educ.*, 55(4):1483–1493, Dec. 2010.
- [112] LLOYD, V.; RUDD, C.; TAYLOR, S. **ITIL - Service Design.** TSO (The Stationery Office), 2007.
- [113] MACMASTER, M. D. **The Intelligence Advantage: Organizing for Complexity.** Butterworth-Heinemann Limited, 1996.
- [114] MAHFOUD, S. W. **Boltzmann selection.** In: *Handbook of Evolutionary Computation*, p. 231–234. IOP Publishing Ltd and Oxford University Press, 1997. Release 97/1.
- [115] MARGERISON, C.; MCCANN, D. **Team Management: Practical New Approaches.** Management Books 2000 Limited, 1995.
- [116] MARK, G. **Conventions and commitments in distributed cscw groups.** *Comput. Supported Coop. Work*, 11(3):349–387, Nov. 2002.
- [117] MARREIROS, A.; FONSECA, J.; CONBOY, J. **O trabalho científico em ambiente de aprendizagem cooperativa.** *Revista da Educação*, 10(2):99–112, 2001.
- [118] MARROTTA, S.; PETERS, B.; PALIOKAS, K. **Teaching group dynamics: An interdisciplinary model.** *Journal of Specialists in Group Work*, 25(1):16–28, 2000.
- [119] MARTÍN, E.; PAREDES, P. **Using learning styles for dynamic group formation in adaptive collaborative hypermedia systems.** *Matera, M. & Comai, S. (Eds.) Engineering Advanced Web Applications. Proceedings of Workshops in Connection with 4th International Conference on Web Engineering*, p. 188–197, 2004.
- [120] MICHALEWICZ, Z.; FOGEL, D. **How to Solve It: Modern Heuristics.** Springer, 2004.
- [121] MICHALEWICZ, Z. **Genetic algorithms, numerical optimization, and constraints.** p. 151–158. Morgan Kaufmann, 1995.
- [122] MICHALEWICZ, Z. **A survey of constraint handling techniques in evolutionary computation methods.** In: *Proceedings of the 4th Annual Conference on Evolutionary Programming*, p. 135–155. MIT Press, 1995.
- [123] MICHALEWICZ, Z. **Genetic algorithms + data structures = evolution programs (3rd ed.).** Springer-Verlag, London, UK, UK, 1996.

- [124] MISIOLEK, N. I.; HECKMAN, R. **Patterns of emergent leadership in virtual teams.** In: *Proceedings of the Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'05) - Track 1 - Volume 01*, HICSS '05, p. 49.1–, Washington, DC, USA, 2005. IEEE Computer Society.
- [125] MITCHELL, M. **An Introduction to Genetic Algorithms.** MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1998.
- [126] MORAES, R. **Análise de conteúdo.** Internet, 1999. http://cliente.argo.com.br/mgos/analise_de_conteudo_moraes.html, acesso em 13.07.2013.
- [127] MORENO, J.; OVALLE, D. A.; VICARI, R. M. **A genetic algorithm approach for group formation in collaborative learning considering multiple student characteristic.** *Computers & Education*, 2011.
- [128] MUDRACK, P. E.; FARRELL, G. M. **An examination of functional role behavior and its consequences for individuals in group settings.** *Small Group Research*, 26(4):542–571, 1995.
- [129] MULDER, I.; SWAAK, J.; KESSELS, J. **In search of reflective behavior and shared understanding in ad hoc expert teams.** *Cyberpsychol Behavior*, 7(2):141–154, April 2004.
- [130] NASAJON, L. **Gerenciamento da diversidade nas organizações.** internet, May 2012. <http://era.org.br/2012/05/gerenciamento-da-diversidade-nas-organizacoes>, acesso em 09.06.2013.
- [131] NONAKA, I. **An Inquiry into the Good, translated by M. Abe and C. Ibe.** Yale University Press, 1990.
- [132] NONAKA, I. **A dynamic theory of organizational knowledge creation.** *Organization Science*, 5 (1):14–37, 1994.
- [133] NONAKA, I.; UNIVERSITY, T. **The Knowledge-Creating Company : How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation.** Oxford University Press, USA, 1995.
- [134] NONAKA, I. **A empresa criadora do conhecimento.** In: Bookman., editor, *Gestão do Conhecimento*, chapter 2, p. 39–53. Hirotaka Takeuchi and Ikujiro Nonaka, 2009. Tradução: Ana Thorell.

- [135] NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Teoria da criação do conhecimento organizacional**. In: Bookman., editor, *Gestão do Conhecimento*, chapter 3, p. 54–91. Hirotaka Takeuchi and Ikujiro Nonaka, 2009. Tradução: Ana Thorell.
- [136] O'DONNELL, A. M.; DANSEREAU. **Scripted cooperation in student dyads: A method for analyzing and enhancing academic learning and performance**. In: Hertz-Lazarowitz.; Miller, N., editors, *Interaction in cooperative groups: The theoretical anatomy of group learning*, p. 120–144, New York, 1992. Cambridge University Press.
- [137] OLIVER, R.; OMARI, A. **Using online technologies to support problem based learning: Learners' responses and perceptions**. *Australian Journal of Education Technologies*, 15(1):58–79, 1999.
- [138] ORAVEC, J. **Virtual individuals, virtual groups**. Cambridge University Press, 1996.
- [139] OUNNAS, A.; MILLARD, D. E.; DAVIS, H. C. **A metrics framework for evaluating group formation**. *ACM*, p. 221–224, 2007.
- [140] PAAVOLA, S. LIPPONEN, L. H. K. **Epistemological foundations for cscl: A comparison of three models of innovative knowledge communities**. In: *CSCL 2002*, p. 24–32, 2002.
- [141] PALMER, J. D.; FIELDS, N. A. **Computer supported cooperative work**. *Washington Post.*, p. 15–17, 1994.
- [142] PANITZ, T. **A definition of collaborative vs cooperative learning**. Internet, 1996. <http://www.londonmet.ac.uk/deliberations/collaborative-learning/panitz-paper.cfm>, acesso em 24.06.2012.
- [143] PAREDES, P., A. O. A.; RODRIGUES, P. **A method for supporting heterogeneous-group formation through heuristics and visualization**. *Journal of Universal Computer Science*, 16:2882–2901, 2010.
- [144] PAUL, S., S. P. S. I.; MYKYTYN, P. **Impact of heterogeneity and collaborative conflict management style on the performance of synchronous global virtual teams**. *Information and Management*, 41:303–321, 2004.
- [145] PEA, R. **Seeing what we build together: Distributed multimedia learning environments for transformative communications**. In: Koschmann, T., editor, *CSCL: Theory and Practice of an emerging paradigm*. Lawrence Erlbaum Associates, 1996.

- [146] PEREIRA, M. A. A.; FREIRE, J. E.; SEIXAS, J. A. **Utilização da aprendizagem cooperativa no ensino de engenharia**. In: *XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 2002.
- [147] PODER JUDICIÁRIO, ESTADO DE GOIÁS, BRASIL. **Regimento interno do tribunal de justiça do estado de goiás**. Internet, Setembro 2000.
- [148] PODER JUDICIÁRIO, ESTADO DE GOIÁS, BRASIL. **Resolução 44 de 10 de dezembro de 2001**. Internet, 12 2001. Institui o Sistema de Controle Interno das atividades administrativas do Poder Judiciário do Estado de Goiás.
- [149] PODER JUDICIÁRIO, ESTADO DE GOIÁS, BRASIL. **Decreto Judiciário 416/2010**, chapter I, p. 1. Número 520. Poder Judiciário, 02 2010. Publicado em 12/02/2010.
- [150] PODER JUDICIÁRIO, ESTADO DE GOIÁS, BRASIL. **Decreto Judiciário 288/2011**, chapter I, p. 14. Número 914. Poder Judiciário, 09 2011. Publicado em 30/09/2011.
- [151] PODER JUDICIÁRIO, ESTADO DE GOIÁS, BRASIL. **Provimento 11 de 25 de outubro de 2012**. Internet, 10 2012. Dispõe sobre a nova sistemática de indenização aos oficiais de justiça avaliadores judiciários, das despesas de condução no cumprimento de mandado da Justiça Gratuita.
- [152] PODER JUDICIÁRIO, ESTADO DE GOIÁS, BRASIL. **Portal da transparência**. Internet, 2013. <http://www.tjgo.jus.br/index.php/tribunal/tribunal-portaladatransparencia>, acesso em 13.07.2013.
- [153] PORTER, M. **Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance**. Free Press, 2008.
- [154] PRAHALAD, C.; HAMEL, G. **The core competence of the corporation**. *Harvard Business Review*, p. 1–15, May-June 1990.
- [155] QURESHI, S. **Organisational change through collaborative learning in a network form**. *Group Decision and Negotiation*, 9:129–147, 2000.
- [156] RAD, P.; LEVIN, G. **Achieving project management success using virtual teams**. J Ross Publishing Series. J ROSS PUB Incorporated, 2003.
- [157] REDMOND, M. A. **A computer program to aid assignment of student project groups**. *ACM*, p. 134–138, 2001.
- [158] RESTA, P.; LAFERRIÈRE, T. **Technology in support of collaborative learning**. *Education and Psychology Review*, 19:65–83, 2007.

- [159] ROBBINS, H.; FINLEY, M. **Why teams don't work**. Texere, 2000.
- [160] ROBERT.JR., L. P. **A multi-level analysis of the impact of shared leadership in diverse virtual teams**. In: *Proceedings of the 2013 conference on Computer supported cooperative work*, p. 363–374. ACM, 2013. ISBN: 978-1-4503-1331-5.
- [161] ROBERTS, A. G. **Team Role Balance: Investigating Knowledge-Building in CSCL Environment**. PhD thesis, Queensland University of Technology, 2007.
- [162] RODDEN, T. **A survey of CSCW systems in Interacting with Computers**, volume 3. 1991.
- [163] RODRIGUES, P. B. **Prática de ensino supervisionada em ensino do 1.º e do 2.º ciclo do ensino básico**. Master's thesis, Instituto Politécnico de Bragança - Escola Superior de Educação, 2012.
- [164] ROMNEY. **The benefits of collaborative learning**. Internet, december 1996. <http://www.ucalgary.ca/pubs/Newsletters/Currents/Vol3.6/Benefits.html>, acesso em 24.03.2013.
- [165] ROTH, G.; ASSOR, A.; KANAT-MAYMON, Y.; KAPLAN, H. **Autonomous motivation for teaching: How self-determined teaching may lead to self-determined learning**. *Journal of Educational Psychology*, 99(4):761–774, 2007.
- [166] ROTHLAUF, F. **Representations for Genetic and Evolutionary Algorithms**. Springer-Verlag, 2006.
- [167] RUSSELL, S. J.; NORVIG, P.; CANDY, J. F.; MALIK, J. M.; EDWARDS, D. D. **Artificial intelligence: a modern approach**. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, 1996.
- [168] RYAN, R. M.; DECI, E. L. **Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions**. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1):54–67, 2000.
- [169] SALMON, G. **E-moderating: the key to teaching and learning online**. 2000.
- [170] SARKER, S.; SARKER, S.; NICHOLSON, D.; JOSHI, K. **Knowledge transfer in virtual systems development teams: an exploratory study of four key enablers**. *Professional Communication, IEEE Transactions on*, 48(2):201–218, 2005.
- [171] SCHEDLER, A. **Conceptualizing accountability**. In: Schedler, A.; Diamond, L.; Plattner, M., editors, *The Self-Restraining State: Power and Accountability in New Democracies*, chapter I, p. 13–28. Lynne Rienner Publishers, 1999.

- [172] SHAH, A. **Why fighting corruption remains a losing battle.** In: Antho., editor, *Governance, risk and compliance handbook : technology, finance, environmental and international guidance and best practices*, chapter 10, p. 133–152. Jonh Wiley and Sons, 2008.
- [173] SHAMIR, B.; HOUSE, R. J.; ARTHUR, M. B. **The motivational effects of charismatic leadership: A self-concept based theory.** *Organization Science* November, 4(4):577–594, 1993.
- [174] SHAW, M.; ROBBIN, R.; BELSER, J. **Group dynamics: the psychology of small group behavior.** McGraw-Hill series in psychology. McGraw-Hill, 1981.
- [175] SIMON, D. **Evolutionary Optimization Algorithms.** Wiley, 2013.
- [176] SLAVIN, R. E. **Cooperative learning.** *Review of Educational Research*, 50(2):315–342, 1980.
- [177] SLAVIN, R. E. **Developmental and motivational perspectives on cooperative learning: A reconciliation.** *Child Development*, 58:1161–1167, 1987.
- [178] SLAVIN, R. E. **Research on cooperative learning and achievement: What we know, what we need to know.** *Contemporary Educational Psychology*, 21(4):43–69, 1996.
- [179] SMITH, E. **Applying knowledge enabling methods in the classroom and in the workplace.** *Journal of Workplace Learning*, 12:236–244, 2000.
- [180] SPADA, H. **Of scripts, roles, positions, and models.** *Computers in Human Behavior*, 26:547–550, 2010.
- [181] STAHL, G.; KOSCHMANN, T.; SUTHERS, D. **Computer-supported collaborative learning: An historical perspective.** *Cambridge handbook of the learning sciences*, p. 409–426, 2006.
- [182] STRIJBOS, J.-W.; WEINBERGER, A. **Emerging and scripted roles in computer-supported collaborative learning.** *Computers in Human Behavior*, 26(4):491 – 494, 2010. <ce:title>Emerging and Scripted Roles in Computer-supported Collaborative Learning</ce:title>.
- [183] TAKEUCHI, H.; NONAKA, I. **Criação e dialética do conhecimento.** In: Bookman., editor, *Gestão do Conhecimento*, chapter 1, p. 17–38. Hirotaka Takeuchi and Ikujiro Nonaka, 2009. Tradução: Ana Thorell.

- [184] TAMPOE, M. **Exploiting the core competences of your organization.** *Long Range Planning*, 27(4):66 – 77, 1994.
- [185] TARANTINO, A. **Introduction.** In: Tarantino, A., editor, *Governance, risk and compliance handbook : technology, finance, environmental and international guidance and best practices.* Jonh Wiley and Sons, 2008.
- [186] TEECE, D. J. **Strategies for managing knowledge assets: the role of firm structure and industrial context.** *Long Range Planning*, 33:35–54, 2000.
- [187] TERRACIANO, A.; ABDEL-KHALEK, A.; ADAM, N. AND ADAMOVOVA, L. A. C.; AHAN, H.; ET AL. **National character does not reflect mean personality trait levels in 49 cultures.** *Science*, 310(5745):96–100, 2005.
- [188] THIERENS, D.; GOLDBERG, D.; PEREIRA, A. **Domino convergence, drift, and the temporal-salience structure of problems.** In: *Evolutionary Computation Proceedings, 1998. IEEE World Congress on Computational Intelligence., The 1998 IEEE International Conference on*, p. 535–540, 1998.
- [189] TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change.** Wiley, 2011.
- [190] U.S. DEPT. OF ED. OFFICE OF RESEARCH, U. **Cooperative learning.** Internet, 1992. <http://www2.ed.gov/pubs/OR/ConsumerGuides/cooplear.html>, acesso em 24.06.2012.
- [191] VALCKE, M.; MARTENS, R. **The problem arena of researching computer supported collaborative learning: Introduction to the special section.** *Computers & Education*, 46(1):1 – 5, 2006. <ce:title>Methodological Issues in Researching CSCL</ce:title>.
- [192] VALLERAND, R. J.; PELLETIER, L. G.; BLAIS, M. R.; BRIÈRE, N. M.; SENÉCAL, C., V. E. F. **The academic motivation scale: A measure of intrinsic, extrinsic, and a motivation in education.** *Educational and Psychological Measurement*, 52:1003–1017, 1992.
- [193] VECCHIO, R. P. **Leadership Understanding the Dynamics of Power and Influence in Organizations.** University of Notre Dame Press, 2nd edition, 2007.
- [194] VONDERWELL, S. **An examination of asynchronous communication experiences and perspectives of students in an online course: A case study.** *The Internet and Higher Education*, 6(1):77–90, 2003.

- [195] WAKEFIELD, R.; LEIDNER, D.; GARRISON, G. **A model of conflict, leadership and performance in virtual teams.** *Information Systems Research*, 19(4):434–455, 2008.
- [196] WEBB, N. M. **Testing a theoretical model of student interaction and learning in small groups.** In: Hertz-Lazarowitz, R.; Miller, N., editors, *Interaction in Cooperative Groups: The theoretical anatomy of group learning*, p. 102–119+. Cambridge University Press, 1992.
- [197] WEBB, N. M. **Predicting learning from student interaction: Defining the interaction variable.** *Educational Psychologist*, 18:33–41, 1983.
- [198] WEINBERGER, A.; FISCHER, F. **A framework to analyze argumentative knowledge construction in computer-supported collaborative learning.** *Computers & Education*, 46(1):71 – 95, 2006. <ce:title>Methodological Issues in Researching CSCL</ce:title>.
- [199] WESSNER, M.; PFISTER, H. R. **Group formation in computer-supported collaborative learning.** *ACM*, 2001.
- [200] YAMAGUCHI, R.; BOS, N.; OLSON, J. **Emergent leadership in small groups using computer-mediated communication.** In: *Proceedings of the Conference on Computer Support for Collaborative Learning: Foundations for a CSCL Community*, CSCL '02, p. 138–143. International Society of the Learning Sciences, 2002.
- [201] YANNIBELLI, V.; AMANDI, A. **A deterministic crowding evolutionary algorithm to form learning teams in a collaborative learning context.** *Expert Systems with Applications*, p. 8584–8592, 2012.
- [202] YUKL, G. **Leadership in organizations.** Prentice Hall, 2002.
- [203] ZACCARO, S.; BLAIR, V.; PETERSON, C.; ZAZANIS, M. **Collective efficacy.** In: Plenum Press, ., editor, *Self-Efficacy, Adaptation, and Adjustment : Theory, Research, and Application (Plenum Series in Social/Clinical Psychology)*, chapter 11, p. 305–328. James E. Maddux, University of Michigan, May 1995.
- [204] ÖZGÜR YENIAY. **Penalty function methods for constrained optimization with genetic algorithms.** *Mathematical and Computational Applications*, 10(1):45–56, 2005.
- [205] ZHANG, M.; LADO, A. **Information systems and competitive advantage: a competency based view.** *Technovation*, 21:147–156, 2001.

- [206] ZIGURS, I. **Leadership in virtual teams: Oxymoron or opportunity?** *Organizational Dynamics*, 31(4):339–351, 2002.