
**Aplicação de técnicas de Inteligência Artificial
na formação de equipes de aprendizagem
colaborativa baseada em perfil de estilos de
aprendizagem e papéis de equipe**

Lincoln da Costa Machado



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Lincoln da Costa Machado

**Aplicação de técnicas de Inteligência Artificial
na formação de equipes de aprendizagem
colaborativa baseada em perfil de estilos de
aprendizagem e papéis de equipe**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Área de concentração: Ciência da Computação

Orientador: Prof^a. Dra. Márcia Aparecida Fernandes

Uberlândia

2021

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

M149 2021	Machado, Lincoln da Costa, 1965- Aplicação de técnicas de Inteligência Artificial na formação de equipes de aprendizagem colaborativa baseada em perfil de estilos de aprendizagem e papéis de equipe [recurso eletrônico] / Lincoln da Costa Machado. - 2021. Orientadora: Márcia Aparecida Fernandes. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ciência da Computação. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.271 Inclui bibliografia. 1. Computação. I. Fernandes, Márcia Aparecida, 1963-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ciência da Computação. III. Título. CDU: 681.3
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ciência da Computação				
Defesa de:	Mestrado Acadêmico, 14/2021, PPGCO				
Data:	30 de junho de 2021	Hora de início:	14h15min	Hora de encerramento:	16h45min
Matrícula do Discente:	11812CCP020				
Nome do Discente	Lincoln da Costa Machado				
Título do Trabalho:	Aplicação de técnicas de Inteligência Artificial na formação de equipes de aprendizagem colaborativa baseada em perfil de estilos de aprendizagem e papéis de equipe				
Área de concentração:	Ciência da Computação				
Linha de pesquisa:	Inteligência Artificial				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	-				

Reuniu-se, por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, assim composta: Professores Doutores: Fabiano Azevedo Dorça - FACOM/UFU; Alex Sandro Gomes - CIN/UFPE e Márcia Aparecida Fernandes - FACOM/UFU, orientadora do candidato.

Os examinadores participaram desde as seguintes localidades: Alex Sandro Gomes - Recife/PE; Fabiano Azevedo Dorça e Márcia Aparecida Fernandes - Uberlândia/MG. O discente participou da cidade de Uberlândia/MG.

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Prof.^a Dr.^a Márcia Aparecida Fernandes, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir a senhora presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Márcia Aparecida Fernandes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/06/2021, às 17:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alex Sandro Gomes, Usuário Externo**, em 06/07/2021, às 15:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabiano Azevedo Dorça, Professor(a) do Magistério Superior**, em 21/07/2021, às 15:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2870593** e o código CRC **A2739EA6**.

*Este trabalho é dedicado a todos aqueles que se aplicam,
com amor e muito empenho, na prática do ensino e pesquisa,
visando ao progresso da ciência e à democratização do conhecimento.*

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por se fazer sempre presente dando-me forças para prosseguir diante dos muitos obstáculos e desafios. Agradeço a Ele pelos meus acertos (que me motivaram), mas também pelos meus erros (que me permitiram crescer um pouco como pessoa). Obrigado, Senhor, por absolutamente tudo!

Obrigado aos meus pais, Eurides e Maria Divina pelo apoio irrestrito.

Obrigado aos irmãos Sther, Gilson e Helton (*in memoriam*), pelo incentivo, e aos sobrinhos fantásticos Samantha e Fabinho pelo carinho e alegria transmitidos pela sua presença.

À minha orientadora Prof^ª. Dra. Márcia Aparecida Fernandes, agradeço a confiança e compreensão.

Agradeço a disponibilidade e prestatividade do Prof. Me. Gustavo Prado Oliveira do IFTM que facilitou e viabilizou os experimentos práticos em suas turmas.

Por fim, agradeço à Belbin Associates que gentilmente cedeu algumas licenças do GETSET, seu questionário online de identificação de papéis de equipe para estudantes.

*“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar
as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.”*

Paulo Freire

Resumo

A natureza inerentemente social do ser humano nos leva a buscar formas de interagir com nossos semelhantes. O surgimento de canais virtuais de comunicação (como as redes sociais e os sistemas de mensagens instantâneas) e a popularização da internet e dos dispositivos móveis, incorporou essa conectividade a praticamente todos nós, em especial a crianças e adolescentes, que já nasceram nesse ambiente. Hoje, estar conectado é uma necessidade, inclusive na educação. Essa necessidade de estar conectado e de obter bons resultados torna importante identificar fatores que afetam o desempenho conjunto dos estudantes e descobrir formas eficientes de organizar equipes de estudo. Esta dissertação investiga se equipes de estudo colaborativo formadas com base em perfis individuais que combinam estilos de aprendizagem e papéis de equipe dos estudantes apresentam desempenho melhor do que equipes de estudo formadas casualmente. São identificados os perfis individuais dos estudantes a partir de suas respostas aos questionários eletrônicos de estilos de aprendizagem de Felder e de papéis de equipe de Belbin. Um algoritmo genético usa esses perfis para gerar equipes balanceadas de acordo com regras de otimização. Para avaliar o desempenho, as equipes executam atividades colaborativas e respondem um questionário final de satisfação relacionado à sua percepção sobre os colegas de equipe e sobre a atividade. Comparadas a equipes formadas aleatoriamente, as equipes geradas pelo AG com base no perfil composto por estilos de aprendizagem e papéis de equipe apresentam melhor desempenho acadêmico e maior satisfação individual.

Palavras-chave: Formação de grupos. Inteligência Artificial. Algoritmos genéticos. Papéis de equipe. Estilos de aprendizagem. Educação. Educação a distância. .

Abstract

The inherently social nature of human beings leads us to seek ways to interact with our fellow human beings. The emergence of virtual communication channels (such as social networks and instant messaging systems) and the popularization of the internet and mobile devices have incorporated this connectivity to practically all of us, especially children and teenagers, who were born in this environment. Today, being connected is a necessity, including in education. This need to be connected and get good results makes it important to identify factors that affect the joint performance of students and find efficient ways to organize study teams. This dissertation investigates whether collaborative study teams formed based on individual profiles that match students' learning styles and team roles perform better than casually formed study teams. Individual student profiles are identified from their responses to Felder's learning styles questionnaires and Belbin's team roles. A genetic algorithm uses these profiles to generate balanced teams according to optimization rules. To assess performance, teams perform collaborative activities and answer a final satisfaction questionnaire related to their perception of teammates and the activity. Compared to randomly formed teams, the teams generated by the AG based on the profile composed of learning styles and team roles have better academic performance and greater individual satisfaction.

Keywords: Group formation. Artificial Intelligence. Genetic Algorithms. Team Roles. Learning styles. Education. Distance education. .

Lista de ilustrações

Figura 1 – Fases de desenvolvimento de pequenos grupos	36
Figura 2 – Fluxo de execução de um AG	38
Figura 3 – <i>Seleção por roleta proporcional ao fitness</i>	40
Figura 4 – <i>Seleção por roleta baseada em ranking</i>	41
Figura 5 – <i>Crossover</i> simples	42
Figura 6 – <i>Crossover</i> de 2 pontos	42
Figura 7 – <i>Ordered crossover (OX)</i> - filho 1	44
Figura 8 – <i>Ordered crossover (OX)</i> - filho 2	44
Figura 9 – <i>Reverse Sequence Mutation (RSM)</i>	45
Figura 10 – Representação de um cromossomo do AG	51
Figura 11 – Ocorrências de estilos de aprendizagem entre os estudantes	58
Figura 12 – Ocorrências de papéis de equipe entre os estudantes	59
Figura 13 – Boxplot do aproveitamento dos estudantes	65
Figura 14 – Intervalos de confiança do aproveitamento dos estudantes	66
Figura 15 – Boxplot da satisfação dos estudantes	67
Figura 16 – Intervalos de confiança da satisfação dos estudantes	68
Figura 17 – Exemplo de questão do SPI	97

Lista de tabelas

Tabela 1 – Campos de competências e suas particularidades	30
Tabela 2 – Estilos de aprendizagem e seus estágios e dimensões	31
Tabela 3 – Estilos de aprendizagem e comportamentos dos estudantes	32
Tabela 4 – Valores de estilos de aprendizagem em cada dimensão	32
Tabela 5 – Descrição dos papéis de equipe de Belbin	33
Tabela 6 – Pontos fortes e fracos dos papéis de equipe de Belbin	34
Tabela 7 – Focos de atuação dos papéis de equipe	35
Tabela 8 – Estilos de aprendizagem identificados no ILS	57
Tabela 9 – Papéis de equipe identificados pelo inventário de Belbin	57
Tabela 10 – Papéis de equipe (preferenciais e alternativos)	58
Tabela 11 – Preferências individuais de papéis de equipe por estudante	59
Tabela 12 – Perfis individuais dos estudantes do grupo de teste	60
Tabela 13 – Grupo de teste da atividade 1	60
Tabela 14 – Notas obtidas	61
Tabela 15 – Notas ajustadas	62
Tabela 16 – Conceitos obtidos	63
Tabela 17 – Grupo de teste da atividade 2	64
Tabela 18 – Resultados de aproveitamento por equipe	64
Tabela 19 – Estatísticas descritivas do aproveitamento por equipe	65
Tabela 20 – Teste de normalidade do aproveitamento por equipe	65
Tabela 21 – Teste de homogeneidade da variância do aproveitamento por equipe	65
Tabela 22 – Testes-T de Student de amostras independentes do aproveitamento por equipe	65
Tabela 23 – Resultados de satisfação por equipe	66
Tabela 24 – Estatísticas descritivas de satisfação por equipe	67
Tabela 25 – Testes-T de Mann-Whitney de amostras independentes da satisfação por equipe	67

Lista de siglas

AG Algoritmo Genético

AVA Ambientes Virtuais de Aprendizagem

CSCL *Computer Supported Collaborative Learning*

ILS *Index of Learning Styles Questionnaire*

IA Inteligência Artificial

LDB Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

SNA *Social Network Analysis* ou Análise de Redes Sociais

TIC Tecnologia da Informação e Comunicação

Sumário

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	Motivação	24
1.2	Objetivos e desafios da pesquisa	25
1.3	Hipóteses	26
1.4	Contribuições	27
1.5	Organização da dissertação	27
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
2.1	Educação - Ensino/Aprendizagem	29
2.2	Psicologia da educação	29
2.3	Perfil do estudante	30
2.3.1	Estilos de aprendizagem de Felder-Silverman	31
2.3.2	Papéis de equipe (Belbin)	32
2.4	Engenharia de colaboração	35
2.5	Fundamentação teórica computacional	36
2.5.1	Função objetivo ou de aptidão (<i>Fitness</i>)	37
2.5.2	Operadores	37
2.6	Trabalhos correlatos	45
3	PROPOSTA	49
3.1	Perfil do estudante	49
3.2	Algoritmo genético	50
4	EXPERIMENTOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	55
4.1	Método	55
4.2	Experimentos	56
4.2.1	Primeiro ciclo de atividades	56
4.2.2	Segundo ciclo de atividades	62

4.3	Avaliação dos resultados	66
5	CONCLUSÃO	69
5.1	Principais contribuições	70
5.2	Trabalhos futuros	70
5.3	Contribuições em produção bibliográfica	71
	REFERÊNCIAS	73

APÊNDICES 77

APÊNDICE A	–	QUESTIONÁRIO DE ESTILOS DE APRENDI- ZAGEM ADAPTADO	79
APÊNDICE B	–	QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO	85

ANEXOS 89

ANEXO A	–	INDEX OF LEARNING STYLES - ILS	91
ANEXO B	–	BELBIN GETSET ASSESSMENT	97

CAPÍTULO 1

Introdução

Somos seres inerentemente sociais vivendo num mundo cada vez mais conectado virtualmente. A ubiquidade da internet e dos dispositivos móveis, mesmo nas camadas mais pobres da população, permite uma agilidade crescente na troca de informações, sem restrições geográficas e socioeconômicas. O uso frequente e constante de *smartphones* agora é uma realidade universal, especialmente entre crianças, adolescentes e jovens em idade escolar. Há também uma ampla diversidade e disponibilidade de mídias e conteúdos digitais acessíveis a todos. Esse cenário inspirou e gerou demanda para a adoção e adaptação da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) em todos os ramos de atividades humanas, desde as mais tecnológicas até as mais rudimentares. Na educação não é, e não poderia ser, diferente. Mas como essa transformação digital atingiu outras atividades cotidianas (como comunicação e diversão) mais cedo e com maior intensidade, surgiu e acentuou-se um *gap* entre a modernidade e atratividade desse novo ambiente e a rigidez e conservadorismo do ambiente educacional que se manteve preso ao ambiente tradicional, às vezes com abordagens, instrumentos e técnicas de décadas ou até mesmo séculos atrás.

Com o advento das redes sociais, sistemas de mensagens instantâneas e dos jogos *multiplayer* em rede, a necessidade de uma modalidade virtual de interação social foi se estendendo gradualmente às demais práticas relacionais cotidianas como requisito ou, no mínimo, como agente motivador. É notório que o comportamento de crianças e adolescentes é afetado desde cedo pelo uso de diversos dispositivos eletrônicos – em especial aqueles com grande apelo sensorial como os jogos eletrônicos –, como destaca o psicólogo americano Daniel Goleman, autor da teoria da Inteligência Emocional, (GOLEMAN, 2014). Devido a isso, eles tendem a achar desinteressante qualquer atividade que não utilize tais recursos. Essa redução do interesse e da motivação implica, potencialmente, em queda do aproveitamento e/ou da adesão dos estudantes às atividades relacionadas ao processo de ensino-aprendizagem.

As instituições educacionais então se defrontaram com uma escolha: manter seu modelo e competir pela atenção do estudante (habituaado ao uso constante desses dispositivos e acostumado com seus respectivos estímulos e facilidades) ou se adaptar ao novo cenário,

tirando proveito da disponibilidade desses recursos e da familiaridade dos estudantes com seu uso. Essa mudança vinha ocorrendo eletiva e gradualmente por algumas instituições até o surgimento da pandemia de COVID-19, quando se tornou urgente e compulsória. Com essa disrupção, tanto as instituições que já experimentavam o ensino virtual em algum grau quanto as que ainda não planejavam aderir a ele tiveram de migrar praticamente da noite para o dia.

Tudo isso torna ainda mais desafiadora e importante a preocupação de capturar e aumentar o interesse do estudante. A falta de contato humano mais intenso, que há uma década era um obstáculo à utilização de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), com implicações negativas na taxa de utilização e satisfação dos estudantes, agora pode ser contornada pela comunicação virtual, que nesse novo cenário se tornou mais natural e frequente que a própria comunicação face a face. O novo cenário se afigura como uma oportunidade para a consolidação da aprendizagem colaborativa suportada por computador – em inglês, *Computer Supported Collaborative Learning* (CSCL). Converging com as metodologias ativas, que ganharam atenção e destaque na última década, o paradigma CSCL envolve o incentivo ao trabalho em equipe, não com a informalidade e ausência de propósitos mais sérios que caracterizam as redes sociais e sistemas de mensagens instantâneas, mas com a seriedade e compromisso que a educação merece. Para tanto, se faz necessária a convergência de saberes multidisciplinares em torno da ciência da computação que deve atuar como um concentrador e aglutinador dos diversos paradigmas subjacentes.

Ao mesmo tempo em que é preciso manter em vista a necessidade de atuar em equipe – tanto instintiva devido à tendência inata de socialização, quanto cultural devido ao hábito moderno da interação constante com os pares via redes sociais e sistemas de mensagens instantâneas –, é preciso também ter em mente que as atividades de estudo em equipe devem ser tanto produtivas quanto agradáveis, especialmente nos ambientes virtuais de aprendizagem. Por isso, a formação de equipes não deve ser arbitrária nem deixada ao acaso, mas investigada e aprimorada. Para que as equipes tenham sinergia, é preciso que sejam constituídas tendo em mente o respeito às individualidades e à complementaridade de competências. É importante identificar critérios objetivos, levando em consideração as tendências, competências e preferências individuais e sociais dos estudantes bem como estabelecer métodos para utilizar esses critérios na escolha dos arranjos dos estudantes em suas respectivas equipes.

1.1 Motivação

A crescente adoção de ambientes virtuais de ensino, metodologias ativas e aprendizagem colaborativa aquece a procura pela identificação de fatores que afetam o desempenho conjunto dos estudantes e de formas efetivas de apoiar a formação de equipes.

Mesmo tendo sua validade questionada por alguns autores como (NEWTON, 2015) e recomendado por outros. (SCHMITT; DOMINGUES, 2016) apresentam uma análise comparativa de diversos estilos de aprendizagem que continuam sendo estudados. Esses estilos vêm sendo adotados como parâmetro para sistemas de recomendação de conteúdo e formas de estudo, assim como formação de equipes. Os estilos de aprendizagem de Felder (FELDER; SILVERMAN, 1988) têm sido bastante utilizados em diversos trabalhos.

Antes de chamar a atenção na área da educação, os papéis de equipe vêm atraindo o interesse de pesquisadores e profissionais da área de administração. Explorando comercialmente seus estudos de 3 décadas, os papéis de equipe de Belbin aparecem com frequência em trabalhos de formação de equipes e têm um conjunto de regras bem estabelecido (BEJARANO et al., 2005).

Alguns trabalhos propõem o uso de Algoritmo Genético (AG) (tradicional ou multi-objetivos) na formação de equipes usando diferentes atributos dos estudantes (SUKSTRINWONG, 2017).

A despeito da variedade de propostas de modelos psicológicos e comportamentais existentes e da disponibilidade de técnicas computacionais modernas, a formação de equipes de estudo ainda permanece “artesanal” ou aleatória, sem critérios objetivos e sem ferramentas práticas. Como formar equipes eficientes e satisfatórias a partir de critérios claros e objetivos é o problema de pesquisa abordado neste trabalho.

Na próxima seção são apresentados os objetivos deste trabalho, que pretende unir esses modelos psicossociais a técnicas de Inteligência Artificial (IA) na busca de uma solução para esse problema.

1.2 Objetivos e desafios da pesquisa

Este trabalho tem como objetivo **demostrar que equipes de estudo formadas com base em perfis individuais que combinam estilos de aprendizagem e papéis de equipe dos estudantes apresentam desempenho melhor do que equipes formadas casualmente.**

Para atingir o objetivo geral, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

1. Comprovar a influência dos estilos de aprendizagem e papéis de equipe no aproveitamento conjunto dos estudantes em atividades colaborativas;
2. Comprovar a influência dos estilos de aprendizagem e papéis de equipe na satisfação individual dos estudantes em atividades colaborativas;
3. Demonstrar que a formação de equipes pode ser tratada como um problema de otimização que pode ser resolvido usando algoritmos genéticos.

Se pudermos responder algumas questões de pesquisa associadas a esse problema, poderemos contribuir para a sua solução. Este trabalho se concentra nas seguintes questões:

1. A composição das equipes afeta o desempenho dos estudantes?
2. Como podemos formar equipes de estudo colaborativo produtivas e satisfatórias?
3. Preferências de atuação individual como estilos de aprendizagem são relevantes para a formação das equipes?
4. Preferências de atuação social como papéis de equipes são relevantes para a formação das equipes?

Duas limitações naturais previstas com antecedência dizem respeito ao questionário de papéis de equipe. O inventário de papéis de equipe de Belbin é um produto comercial, com direitos reservados. A Belbin Associates gentilmente cedeu 30 licenças do GETSET (a versão para estudantes, na faixa etária de 14 a 19 anos). Considerando equipes de 3 estudantes, são 10 equipes para distribuir entre os grupos de teste e controle. Esse não é um número grande o suficiente para uma boa relevância estatística, mas esperava-se que pudesse produzir *insights* úteis, que de fato surgiram. A segunda é que tanto as instruções quanto as perguntas estão todas em inglês, exigindo uma camada adicional de coleta em português antes de alimentar o sistema oficial.

Além dessas limitações naturais, foram identificados desafios e limitações extras originados pela pandemia:

1. A transição relativamente abrupta para o ambiente virtual teve uma influência negativa potencial sobre a motivação dos estudantes, quer para responder aos questionários de perfil e satisfação, quer para desempenhar as próprias atividades em equipe. Além disso, nenhum dos professores entrevistados informalmente tem o costume de aplicar atividades virtuais em equipe, o que sugere desconforto, indisponibilidade ou desconhecimento de ferramentas de colaboração;
2. A alteração do protocolo de pesquisa causada pela mudança dos canais de contato do presencial para o virtual, exigiu adequações e ressubmissão aos Comitês de Ética em Pesquisa tanto na UFU quanto na instituição participante. Outro efeito adverso da pandemia foi a mudança e desalinhamento dos calendários acadêmicos das duas instituições. Em combinação, essas duas mudanças causaram atrasos no cronograma, reduzindo a janela de execução das atividades e o tempo para tabulação e análise dos resultados.

1.3 Hipóteses

As hipóteses centrais deste trabalho foram:

1. Estilos de aprendizagem e papéis de equipe são relevantes para o desempenho e satisfação dos estudantes em atividades de estudo colaborativo.
2. A formação de equipes pode ser tratada como um problema de otimização que pode ser resolvido utilizando algoritmos genéticos.

1.4 Contribuições

Ao atingir os objetivos descritos na Seção 1.2 e verificadas as hipóteses levantadas na Seção 1.3, as principais contribuições esperadas deste trabalho foram:

1. Modelo de perfil do estudante que favoreça a formação de equipes de estudo colaborativo, com comprovação estatística.
2. Modelo de questionário de satisfação pessoal dos estudantes após atividades colaborativas.
3. Especificação de um algoritmo genético baseado no modelo de perfil do estudante e nas regras de formação de equipes para a criação de equipes otimizadas dentro das respectivas turmas.

1.5 Organização da dissertação

Esta dissertação está organizada em 5 capítulos de acordo com as normas vigentes do programa de pós-graduação do departamento de Ciência da Computação da UFU. Os capítulos restantes e seus respectivos conteúdos estão organizados da seguinte maneira:

- ❑ **Capítulo 2:** introduz conceitos multidisciplinares fundamentais das áreas de educação, psicologia, engenharia de colaboração e da ciência da computação, em especial da área de Inteligência Artificial (com destaque para Algoritmos Genéticos).
- ❑ **Capítulo 3:** apresenta o modelo criado, a proposta de trabalho e a metodologia científica aplicada no processo de investigação e teste das hipóteses de pesquisa.
- ❑ **Capítulo 4:** descreve os experimentos efetuados e analisa seus respectivos resultados.
- ❑ **Capítulo 5:** consolida as observações em conclusões fundamentadas na análise dos resultados do Capítulo 4 e as oportunidades para novos trabalhos e aplicações identificadas durante a pesquisa.

Fundamentação teórica

Estudos sobre educação, em geral, e ensino colaborativo, em especial, envolvem conhecimentos multidisciplinares de **educação, psicologia e engenharia de colaboração** além da **ciência da computação**. Neste capítulo são apresentados conceitos, modelos e práticas dessas áreas, fundamentais para a compreensão deste trabalho, bem como outros trabalhos correlatos.

2.1 Educação - Ensino/Aprendizagem

No Brasil, a educação é regulamentada pela Lei 9.394/96, (BRASIL, 1996), conhecida como Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). O Decreto 5.622/2005, (BRASIL, 2005) regulamenta o artigo 80º. da LDB, referente ao ensino a distância, definindo **educação a distância** em seu artigo 1º.:

[...] caracteriza-se a educação a distância como modalidade educacional na qual a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorre com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, com estudantes e professores desenvolvendo atividades educativas em lugares ou tempos diversos.

Inicialmente pensada como uma alternativa ao ensino presencial, a ideia foi evoluindo para modelos semipresenciais, também como alternativa. Com o avanço das TIC a digitalização dos conteúdos e dos canais de acesso, mesmo as instituições voltadas ao ensino presencial, começaram gradualmente a oferecer atividades virtuais. Com o advento da pandemia de COVID-19, todas as instituições tiveram de migrar para um modelo a distância (síncrono ou assíncrono), mesmo que provisoriamente.

2.2 Psicologia da educação

A psicologia define aprendizado como “[...]uma modificação relativamente permanente do comportamento ou do potencial comportamental, resultante do exercício ou da experiência vivida” (HUFFMAN; VERNON; VERNON, 1995). O psicólogo russo Lev Vygotsky

(VYGOTSKY, 1978) afirma que o aprendizado é um processo social que ocorre de forma mais efetiva por meio de interações interpessoais.

Segundo os irmãos canadenses Daniel e Michel Chabot (CHABOT; CHABOT, 2015), algumas competências são necessárias para o bom desempenho de um estudante: competências cognitivas, técnicas, relacionais e emocionais. A Tabela 1, na página 30, apresenta essas competências. Competências cognitivas são determinantes, uma vez que a aquisição de conhecimentos se dá pela internalização de novas informações e pela associação dessas com o conhecimento previamente adquirido. Competências técnicas são um fim em si mesmas, na medida que o modelo tradicional de educação tem como objetivo o aprimoramento técnico voltado para o aprimoramento profissional. Num mundo globalizado, cada vez mais interconectado, as competências relacionais, em nível mais básico, permitem a interação mínima com outros agentes envolvidos no processo e, em nível mais avançado, se configuram como diferencial competitivo. Mais recentemente, as competências emocionais passaram a receber atenção nas áreas de psicologia, administração e finalmente na pedagogia.

Tabela 1 – Campos de competências e suas particularidades.

Particularidades	Competências			
	Cognitivas	Técnicas	Relacionais	Emocionais
Função principal	Pensar	Fazer	Comunicar	Sentir
Modo de funcionamento	Lógico e racional	Motor e intelectual	Verbal e não verbal	Irracional e impulsivo
Tipo de aprendizado	Cognitivo	Procedimental	Relacional	Emocional
Estrutura do cérebro	Hipocampo e córtex	Córtex, gyrus fusiforme, cerebelo	Córtex	Amígdala, e lóbulo pré-frontal

Fonte: (CHABOT; CHABOT, 2015), pág. 31.

2.3 Perfil do estudante

As competências de Chabot (CHABOT; CHABOT, 2015) têm um paralelo com as funções mentais: afeto, cognição e volição. O dicionário (HOUAISS, 2021) define **cognitivo** como: “relativo ao conhecimento, à cognição; relativo ao processo mental de percepção, memória, juízo e/ou raciocínio por oposição a emotivo e volitivo; diz-se de estados e processos relativos à identificação de um saber dedutível e à resolução de tarefas e problemas determinados”. Nesse mesmo dicionário, **cognição** é: “ato ou efeito de conhecer; processo ou faculdade de adquirir um conhecimento; conjunto de unidades de saber da consciência que se baseiam em experiências sensoriais, representações, pensamentos e lembranças”. Assim, competências cognitivas têm um paralelo próximo com estilos de aprendizagem (detalhado a seguir) que resumidamente são preferências de formas de adquirir e processar aquilo que se está aprendendo.

As competências relacionais têm uma proximidade com os papéis de equipe que resumidamente são preferências pessoais de como interagir e contribuir com outros membros de uma equipe.

As competências técnicas não são abordadas neste trabalho, por serem mais um objetivo do processo educacional do que um meio. As competências emocionais também não são abordadas por serem um assunto sensível que potencialmente envolveria aspectos éticos delicados.

2.3.1 Estilos de aprendizagem de Felder-Silverman

Richard Felder e Linda Silverman (FELDER; SILVERMAN, 1988) apresentaram uma taxonomia de estilos de aprendizagem baseada nos tipos de personalidade de Jung e no modelo de estilos de aprendizagem de Kolb. A taxonomia Felder-Silverman mensura as preferências de estudantes em 4 escalas bidirecionais.

Um estudante lida com os conceitos e informações em dois estágios ou passos distintos: recepção de estímulos externos (sensorial) e processamento interno (mental), não necessariamente nessa ordem, uma vez que a provocação inicial pode ser tanto um estímulo sensorial (algo que se sente, vê ou ouve) quanto um estímulo mental (pensamento, lembrança, inferência, dúvida etc.). Quanto à recepção, as preferências são classificadas em duas dimensões: forma de percepção (sensitivo/intuitivo) e canal sensorial (visual/verbal). Quanto à forma de processamento, as preferências são classificadas em duas outras dimensões: forma de abordar a informação (ativo/reflexivo) e ordem de evolução da compreensão (sequencial/global). A Tabela 2 agrupa as preferências em cada estágio com as respectivas dimensões.

Tabela 2 – Estilos de aprendizagem e seus estágios e dimensões.

Estágio	Dimensão	Preferências	
Recepção	Percepção	Sensitivo	Intuitivo
	Canal sensorial	Visual	Verbal
Processamento	Processamento	Ativo	Reflexivo
	Compreensão	Sequencial	Global

Comportamentos em cada par de estilos de uma dimensão são complementares (veja Tabela 3, na página 32). Apesar das preferências individuais é possível, e até comum, agir de modo distinto em algumas ocasiões.

A apuração dos estilos de aprendizagem é feita por meio do questionário de Índice de Estilos de Aprendizagem (*Index of Learning Styles Questionnaire* (ILS)) composto por 44 questões do tipo A-B que avaliam as preferências do estudante nas 4 escalas correspondentes às dimensões. Cada escala tem 11 questões, divididas entre seus dois estilos complementares (ou polos). O resultado de cada dimensão é a diferença entre

Tabela 3 – Estilos de aprendizagem e comportamentos dos estudantes.

Estilo	Características e comportamentos
Sensitivo	Focado em estímulos externos como sinais, sons, sensações físicas
Intuitivo	Focado em estímulos internos como possibilidades, introspecções, palpites
Visual	Gosta de imagens, diagramas, gráficos, demonstrações
Verbal	Gosta de textos e áudios processados na mente como palavras
Ativo	Processa por meio do envolvimento físico em atividades ou discussões
Reflexivo	Processa por meio de introspecção
Sequencial	Evolui em passos contínuos
Global	Evolui em grandes saltos, holisticamente

a pontuação de seus estilos. Pode-se demonstrar que esse valor é um número ímpar que varia de -11 a 11. Felder e Soloman (FELDER; SILVERMAN, 1996) graduaram as preferências em fortes, moderadas ou fracas. Pontuações 1 e 3 indicam uma preferência fraca (ou balanceada, no jargão de Felder); 5 e 7 indicam preferência moderada; 9 e 11 correspondem a uma preferência forte por aquela dimensão. Uma preferência fraca significa que o estudante se adapta facilmente a situações correspondentes ao outro estilo. Preferência moderada, demanda um ambiente favorável àquela dimensão, embora com uma certa capacidade de adaptação. Uma preferência forte causa dificuldade de adaptação em ambientes desfavoráveis àquela preferência. Assim, cada uma das 4 dimensões de estilo de aprendizagem pode assumir 5 classificações, como mostrado na Tabela 4, na página 32.

Tabela 4 – Valores de estilos de aprendizagem em cada dimensão.

<i>PoloEsquerdo</i>								<i>PoloDireito</i>			
Forte				Moderado				Fraco			
-11	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11

2.3.2 Papéis de equipe (Belbin)

Baseado na teoria dos tipos psicológicos de Jung, o psicólogo Raymond Meredith Belbin (BELBIN, 1993) (BELBIN, 1996) criou um modelo com 9 papéis fundamentais desempenhados por membros de todas as equipes de trabalho: Criador (*Plant*), Especialista (*Specialist*), Investigador de recursos (*Resource Investigator*), Coordenador (*Coordinator*), Formatador (*Shaper*), Monitor/Avaliador (*Monitor/Evaluator*), Trabalhador em equipe (*Team worker*), Implementador (*Implementer*) e Completador/Finalizador (*Completer/Finisher*). Os papéis de equipe são estereótipos de preferências e comportamentos individuais relevantes no contexto de equipes de trabalho, como mostra a Tabela 5, na página 33. Cada pessoa tem seu nível intrínseco de preferência por cada papel de equipe,

influenciado por sua personalidade e experiências de vida. É comum que alguém apresente traços de vários papéis e muito raro que apresente traços de todos eles.

Tabela 5 – Descrição dos papéis de equipe de Belbin.

Papel	Contribuições
Criador (<i>Plant</i>)	Muito criativo e inovador; bom resolvidor de problemas.
Especialista (<i>Specialist</i>)	Agrega conhecimentos aprofundados em áreas chaves do trabalho.
Monitor/Avaliador (<i>Monitor/Evaluator</i>)	Fornece um olhar lógico. Julgamentos imparciais quando necessário. Pesa as opções de forma desapassionada.
Coordenador (<i>Coordinator</i>)	Mantém o foco nos objetivos. Promove a comunicação entre membros da equipe. Delega tarefas apropriadamente.
Investigador de recursos (<i>Resource Investigator</i>)	Usa sua natureza investigativa para encontrar e trazer novas ideias.
Trabalhador em equipe (<i>Team worker</i>)	Dá coesão à equipe. Usa sua versatilidade para identificar e concluir o trabalho.
Formatador (<i>Shaper</i>)	Mantém a motivação. Garante a dinâmica sem perder o foco.
Implementador (<i>Implementer</i>)	Planeja estratégias de trabalho viáveis. Executa tarefas com a máxima eficiência possível.
Finalizador (<i>Completer/Finisher</i>)	Efetivo na finalização de tarefas fazendo ajustes e investigando erros. Assegura altos padrões de qualidade.

Cada papel de equipe está relacionado com diferentes conjuntos de traços comportamentais e suas respectivas forças e fraquezas. Papéis de equipe não impõem nenhuma hierarquia ou protagonismo dentro ou fora da equipe. Todos os papéis são igualmente importantes para o sucesso da equipe, contribuindo com os bônus das respectivas virtudes e arcando com os ônus correspondentes. As virtudes e defeitos (forças e fraquezas, como o autor chama) comuns de cada papel são apresentados na Tabela 6, na página 34.

Os 9 papéis podem ser agrupados em 3 dimensões principais: mental, social e operacional, conforme se vê na Tabela 2.3.2, na página 35. Criador, Especialista e Monitor/Avaliador estão relacionados com habilidades mentais, focadas no conhecimento, pensamento e planejamento. Coordenador, Investigador de recursos e Trabalhador em equipe estão relacionados a habilidades sociais e organizacionais, como a promoção de condições materiais e humanas para a execução do trabalho. Formatador, Implementador e Completador/Finalizador estão relacionados à dinâmica das ações de trabalho em si, focados na execução e conclusão do trabalho.

As preferências de um estudante por cada papel de equipe são apuradas por meio do GETSET que é uma avaliação em 360°. Primeiro o estudante responde a um questionário

Tabela 6 – Pontos fortes e fracos dos papéis de equipe de Belbin.

Papel	Virtudes	Possíveis falhas
Criador (<i>Plant</i>)	Criativo, imaginativo, inovador, gera ideias e resolve problemas difíceis.	Dificuldades de comunicação. Desligado e esquecido.
Especialista (<i>Specialist</i>)	Concentrado, motivado e dedicado. Habilidades e conhecimentos especializados.	Contribuição pouco abrangente. Pode sobrecarregar a equipe com técnicas.
Monitor/Avaliador (<i>Monitor/Evaluator</i>)	Exigente. Visão lógica e ampla. Sóbrio e racional.	Muito crítico. Perde o foco. Lento na tomada de decisões.
Coordenador (<i>Coordinator</i>)	Maduro e confiante. Identifica talentos. Esclarece objetivos.	Pode ser visto como manipulador. Tende a transferir sua própria carga de trabalho.
Investigador de recursos (<i>Resource Investigator</i>)	Extrovertido e entusiasmado. Explora oportunidades e desenvolve contatos.	Excessivamente otimista. Pode perder o interesse depois do entusiasmo inicial.
Trabalhador em equipe (<i>Team worker</i>)	Cooperativo, perspicaz e diplomático. Escuta e evita atrito.	Indeciso em situações de crise. Foge de confrontos. Hesitam ao tomar decisões impopulares.
Formatador (<i>Shaper</i>)	Desafiador e dinâmico. Lida bem com a pressão. Motivação e coragem para superar obstáculos.	Propenso a provocações. Pode ofender sentimentos, ser agressivo e mau-humorado.
Implementador (<i>Implementer</i>)	Prático, confiável e eficiente. Transforma ideias em ações e organiza o trabalho que precisa ser feito.	Relativamente inflexível. Lento para abrir mão de seus planos a favor de mudanças positivas.
Finalizador (<i>Completer/Finisher</i>)	Meticuloso e consciencioso. Faz ajustes e investiga erros.	Inclinado a preocupação excessiva. Relutante em delegar. Visto como perfeccionista ao extremo.

individual de autoavaliação (*self assessment*) com 9 questões onde ele distribui 10 pontos e em seguida, 3 a 6 pessoas conhecidas por ele respondem a um questionário de observador (*observer assessment*). Como o GETSET é um teste de comportamento e não um teste psicométrico (ou seja, não avalia fatores mais permanentes como personalidade, QI etc.), os resultados podem ser diferentes se aplicados em momentos distintos ao longo da vida.

Tabela 7 – Focos de atuação dos papéis de equipe.

Foco	Papéis de equipe
Mental	Criador (<i>Plant</i>)
	Especialista (<i>Specialist</i>)
	Monitor/Avaliador (<i>Monitor/Evaluator</i>)
Social	Coordenador (<i>Coordinator</i>)
	Investigador de recursos (<i>Resource Investigator</i>)
	Trabalhador em equipe (<i>Team worker</i>)
Operacional	Formatador (<i>Shaper</i>)
	Implementador (<i>Implementer</i>)
	Finalizador (<i>Completer/Finisher</i>)

2.4 Engenharia de colaboração

Em seus estudos sobre desenvolvimento de pequenos grupos, o psicólogo americano Bruce Tuckman analisou sequências de estados e eventos, propondo um modelo (TUCKMAN, 1965) com 5 estágios evolutivos bem conhecidos: *forming*, *storming*, *norming*, *performing* and *adjourning*, conforme se vê na Figura 1, na página 36.

Na fase de formação (*forming*), os membros atuam orientados a tarefas e se estudam de maneira sutil, tentando identificar características pessoais e delimitar as fronteiras de seu comportamento interpessoal que lhes permita estabelecer regras de conduta social e de trabalho, como a distribuição de papéis e tarefas, embora mantendo uma tendência de postura formal e diplomática. O estágio seguinte é de turbulência (*storming*), caracterizado pela falta de unidade com disputas entre subgrupos. Surge uma certa resistência ao controle, com postura hostil entre membros e até mesmo contra facilitadores, em virtude de posicionamentos individuais mais autênticos diante dos pontos de divergência. A execução das tarefas adquire contornos mais emocionais. Superados os atritos inerentes à estruturação, o grupo começa a se normalizar (*norming*). A resistência às particularidades de cada membro diminui acentuadamente e cresce o sentimento de pertencimento dos membros ao grupo, com trocas de opiniões pessoais mais assertivas e efetivas. Passa a haver uma orientação para harmonia durante o desempenho das atividades. O grupo entra então na fase de pico de produtividade na sua atuação (*performing*). O trabalho flui com alta produtividade e bom relacionamento interpessoal uma vez que a energia de cada membro não mais se perde com esforços transversais aos objetivos do grupo. Finalmente, depois de concluído o trabalho que ensejou sua criação, o grupo efetua um balanço de sua atuação, reconhecendo as contribuições e conquistas de cada participante, e se dissolve - *adjourning*. Esse estágio não fazia parte do modelo original. Ele foi introduzido mais tarde, juntamente com Mary Jensen, numa revisão promovida a convite do *Group and Organizational Studies* (TUCKMAN; JENSEN, 1977) adequando-se à natureza não perene da maioria dos grupos de trabalho. A evolução através desses 5 estágios leva um

amontoado arbitrário de pessoas a se transformar em um time efetivo.

O modelo de Tuckman estabelece um jargão comum em torno da dinâmica de grupos de trabalho (BONEBRIGHT, 2010). O conhecimento das características apresentadas em cada estágio permite a compreensão da sequência de obstáculos e avanços esperados na linha do tempo de vida de um grupo. Desse modo, é possível medir e gerenciar a evolução do grupo, promovendo ações proativas de antecipação de comportamentos, com potencial de aceleração do desenvolvimento e/ou aumento do desempenho.

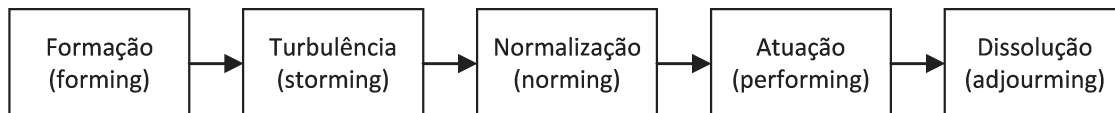


Figura 1 – Fases de desenvolvimento de pequenos grupos

2.5 Fundamentação Teórica Computacional

As técnicas e conhecimentos multidisciplinares vistos até aqui, têm na Ciência da Computação um concentrador natural que lhes operacionaliza e dá coesão. Devido a seu ponto focal no ser humano, com atenção especial às interrelações entre estudantes e aos processos cognitivos, a Inteligência Artificial se destaca intuitivamente, tornando-se um importante catalisador.

Inspirado nos estudos da biologia sobre a evolução das espécies, John Henry Holland (HOLLAND et al., 1992) propôs as bases dos AGs como uma metáfora do processo biológico. AG é uma técnica de inteligência artificial utilizada na busca de soluções para problemas de otimização e busca sobre um espaço de soluções muito amplo.

Assim como em organismos vivos, as informações são representadas em estruturas de dados equivalentes aos cromossomos. Cada indivíduo com sua respectiva configuração genética corresponde a uma possível solução no espaço de busca e seu grau de adequação ao meio é avaliado por uma função de aptidão (*fitness*). A ideia central é que indivíduos com características mais adequadas têm maior tendência à sobrevivência e propagação de sua configuração genética.

Conjuntos de indivíduos compõem a população. Imitando a seleção natural, indivíduos mais adaptados se desenvolvem até a idade reprodutiva quando casais são selecionados para geração de novos indivíduos. Durante a reprodução, alguns genes – partículas de informação dos cromossomos – dos pais são recombinados por intercalação ou cruzamento (*crossover*) aleatório para formarem os cromossomos dos filhos, que comporão a nova geração da população. Embora tenham uma configuração diferente dos pais, cada trecho dos cromossomos dos filhos tem correspondência com um trecho dos cromossomos dos pais. Eventualmente, alguns genes dos filhos sofrem modificações espontâneas aleatórias

(mutação), produzindo trechos diferentes de seus correspondentes nos cromossomos de seus pais.

Partindo de uma população inicial gerada aleatoriamente, o AG aplica seu critério de seleção para determinar quais indivíduos serão escolhidos e com que parceiros serão cruzados. Cada par selecionado é submetido a uma estratégia de cruzamento que determina quantas e quais partes de cada um deles serão combinadas para gerar um ou mais filhos. A seguir, os filhos passam pela etapa de mutação a partir de critérios predefinidos, que determinam a probabilidade de aplicação ou não de uma transformação dos genes em posições aleatórias alterando seu respectivo valor, também aleatoriamente. Caso não se tenha atingido o número máximo previsto de gerações e/ou uma solução aproximada satisfatória não tenha sido encontrada, a população corrente é substituída por uma nova, com tamanho e critérios de seleção e composição preestabelecidos, percorrendo um novo ciclo com a nova geração. A Figura 2, na página 38, ilustra esse fluxo de execução.

Os AGs percorrem o espaço de soluções de maneira não sequencial graças à aleatoriedade embutida nas operações de seleção, *crossover* e mutação, o que permite saltar para pontos afastados de ótimos locais, bem como refinar soluções parciais promissoras. Tal comportamento permite explorar diversas soluções possíveis, escapando de ótimos locais que atrapalham a busca com outras técnicas (como *Hill Climbing*, por exemplo) escolhendo a melhor abordagem baseada no *fitness*.

2.5.1 Função objetivo ou de aptidão (*Fitness*)

Considerando os objetivos da busca, a função de *fitness* determina a adequação de uma solução, analisando o cromossomo correspondente. É uma metáfora do quão boa é a adaptação de um indivíduo ao meio. O *fitness* tem relevância nos critérios tanto de seleção para cruzamento quanto no elitismo e seleção para sucessão, bem como nos critérios de parada e aceite da melhor solução encontrada. Por sua importância fundamental e seu uso massivo durante a evolução do AG, a escolha da função de *fitness* deve ser tal que produza valores acurados e precisos, com a máxima eficiência e o menor consumo possível de recursos.

2.5.2 Operadores

Para evoluir uma busca, um AG executa 3 operações elementares: seleção, cruzamento (*crossover*) e mutação. A especificação de um AG envolve a escolha dos operadores e seus parâmetros de maneira equilibrada, de acordo com o tipo de problema e a forma de representação da informação.

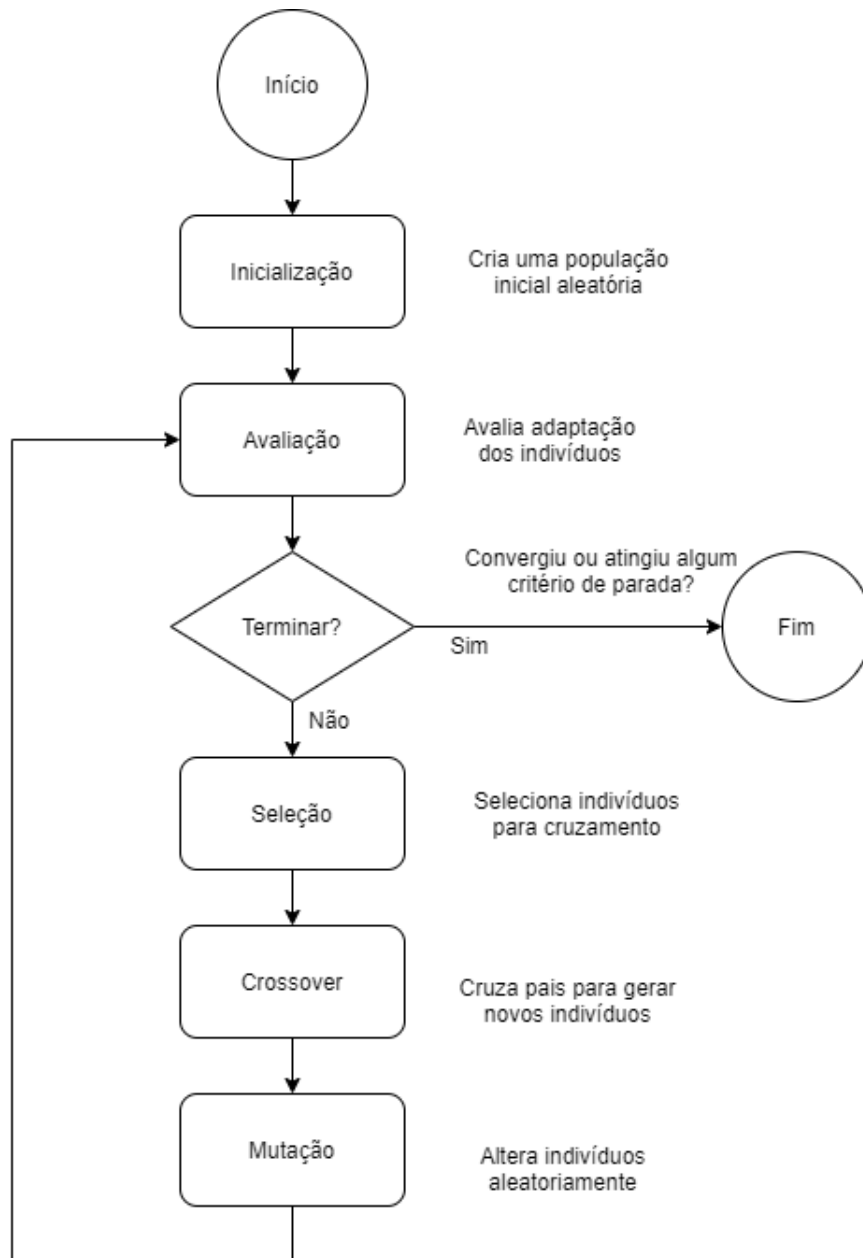


Figura 2 – Fluxo de execução de um AG

Fonte: adaptado a partir do texto de referência (HOLLAND et al., 1992)

2.5.2.1 Seleção

Os algoritmos de seleção escolhem indivíduos da população para cruzamentos, simulando a seleção natural onde indivíduos mais adaptados têm chances maiores de sobreviver e de se reproduzir. O grau de favorecimento na escolha baseado na adequação de cada indivíduo bem como certa aleatoriedade variam conforme o algoritmo de seleção escolhido. Segundo (MITCHELL, 1996), deve haver um balanço entre o rigor da seleção, *crossover* e mutação. Seleções muito fortes levam ótimos locais a dominar a população, limitando

a diversidade, enquanto seleções muito fracas tornam a evolução muito lenta.

A literatura destaca várias métricas relacionadas ao desempenho dos algoritmos de seleção, em especial:

1. Pressão seletiva: probabilidade do melhor indivíduo ser selecionado comparada à probabilidade média de seleção de todos os indivíduos;
2. Viés ou *bias*: diferença absoluta entre o *fitness* normalizado de um indivíduo e sua probabilidade esperada de reprodução;
3. Propagação ou *spread*: faixa de valores possíveis para o número de filhos de um indivíduo;
4. Perda de diversidade: proporção de indivíduos da população que não é selecionada durante a fase de seleção;
5. Intensidade de seleção: média esperada do valor de *fitness* da população após a aplicação do método de seleção para uma distribuição Gaussiana normalizada;
6. Variância de seleção: variância esperada da distribuição de *fitness* da população após a aplicação do método de seleção para uma distribuição Gaussiana normalizada.

Os algoritmos de seleção se dividem em 4 categorias principais: proporcionais à aptidão, torneio, ranking e locais.

Seleção proporcional à aptidão

Algoritmos de seleção proporcional à aptidão escolhem indivíduos com probabilidades dependentes de seu *fitness*. Pela sua natureza, tendem a favorecer a velocidade de convergência. Eventualmente, podem produzir convergência precoce, limitando a diversidade e reduzindo o espaço explorável de soluções. Os exemplos mais comuns são:

1. Seleção de elite: seleciona os elementos com melhor *fitness*;
2. Seleção por roleta: funciona como uma roleta de cassino, com uma casa para cada indivíduo, modificada para que a largura da fatia de cada casa seja proporcional ao *fitness* do indivíduo correspondente. Para selecionar n indivíduos a roleta é girada n vezes. Essa seleção é muito utilizada na prática, mas quando o *fitness* de alguns poucos indivíduos é proporcionalmente muito maior que os outros, a probabilidade de escolha de indivíduos fracos se torna muito pequena a ponto de quase nunca serem escolhidos e os indivíduos fortes passam a dominar as próximas gerações, reduzindo a diversidade, com risco de que a solução fique presa a ótimos locais. Observe na Figura 3 que o indivíduo X4 tem pouca chance de ser selecionado e que X6 é praticamente inacessível;

3. Amostragem estocástica universal: funciona de maneira muito parecida com a seleção por roleta. Para selecionar n indivíduos a roleta é girada uma única vez, e avançada “manualmente” por n passos em ângulos de $360^\circ/n$. Essa abordagem garante que a amostragem seja próxima da distribuição esperada, sem o domínio absoluto dos indivíduos fortes. Mesmo assim, indivíduos muito fracos talvez não sejam selecionados.

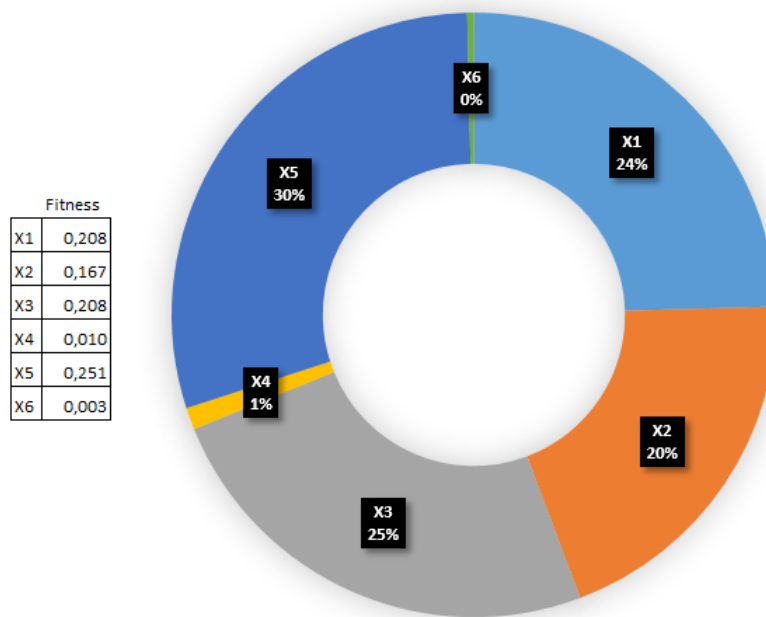


Figura 3 – Seleção por roleta proporcional ao fitness

Seleção por torneio

Na seleção por torneio cada indivíduo selecionado é escolhido a partir de um subconjunto com pelo menos 2 “competidores”, tomados aleatoriamente na população. Quanto maior o subconjunto, maior a dominância do mais forte. Temos dois tipos de seleção por torneio:

1. Seleção por torneio simples: o indivíduo mais forte do subconjunto de competidores é escolhido;
2. Seleção por torneio estocástico: o escolhido é determinado aleatoriamente no subconjunto de competidores, com probabilidade proporcional ao *fitness*. Uma variante utiliza subconjuntos com 2 competidores, sendo escolhido o mais forte com uma probabilidade k ou o mais fraco com probabilidade $(1 - k)$.

Seleção por ranking (escala de classificação)

Na seleção por ranking a população é classificada em ordem de adequação e o critério de seleção passa a ser a posição no ranking em vez do *fitness*. A partir daí, usa-se um dos esquemas anteriores (roleta, amostragem estocástica universal ou torneio) para concluir a seleção. Esse algoritmo reduz a pressão seletiva, evitando assim a convergência prematura, mas aumenta o custo computacional pela necessidade de ordenação – $O(n \cdot \log(n))$. Observe na Figura 4 que os indivíduos X4 e X6, praticamente inacessíveis na roleta proporcional ao *fitness*, agora têm uma possibilidade “justa” de serem selecionados.

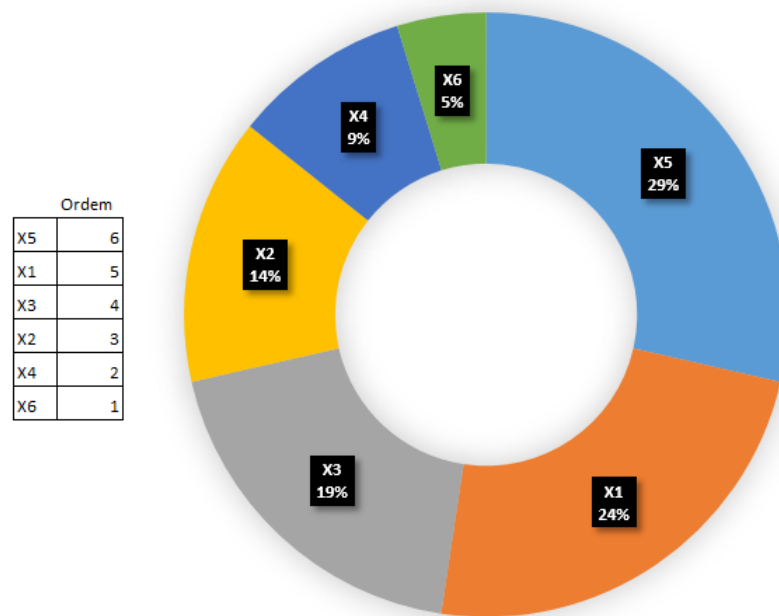


Figura 4 – Seleção por roleta baseada em ranking

Seleção local

Na seleção local a população é dividida em regiões de vizinhança lineares, superficiais ou espaciais, com distâncias determinadas de cada indivíduo. Dentro de cada região, os escolhidos são determinados usando um dos esquemas anteriores (roleta, amostragem estocástica universal ou torneio) com base no *fitness*.

2.5.2.2 Crossover

O cruzamento ou *crossover* intercala trechos dos cromossomos dos pais produzindo filhos com novas combinações.

Crossover simples é o tipo mais básico. Um ponto de corte único é definido aleatoriamente e as partes dos cromossomos dos pais, após o ponto de corte, são intercambiadas e re combinadas, formando os cromossomos de 2 novos filhos, como se vê na Figura 5. Embora seja útil em cromossomos curtos, sua simplicidade não produz bons resultados em cromossomos mais longos. Além de produzir longos trechos (*locus*) similares aos pais, os trechos das extremidades sempre serão os mesmos criando pouca diversidade.



Figura 5 – *Crossover* simples

Crossover de 2 pontos estende a ideia básica, criando 2 pontos de corte aleatórios, de modo que os trechos trocados entre os pais não sejam tão longos, além do fato de um dos trechos não conter as extremidades de nenhum dos pais, como se vê na Figura 6, na página 42. No entanto, os trechos das extremidades ainda predominam.

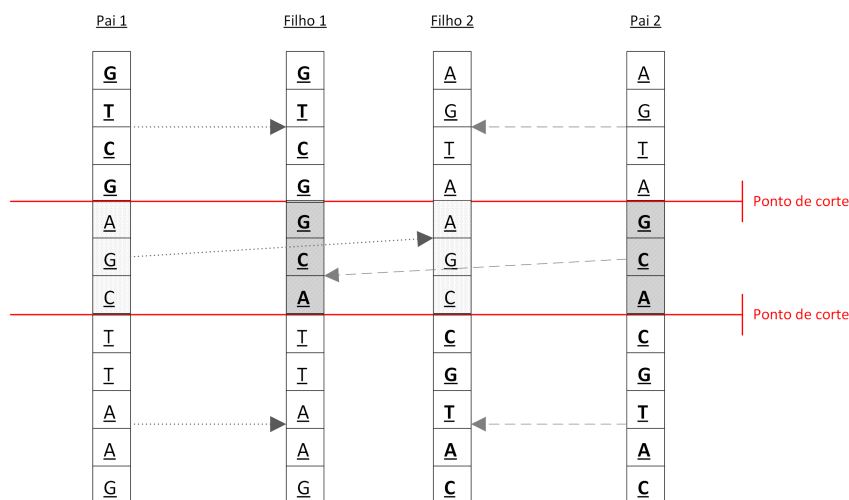


Figura 6 – *Crossover* de 2 pontos

Crossover uniforme parametrizado é uma alternativa mais poderosa, onde as trocas ocorrem em cada gene com uma probabilidade típica entre 0.5 e 0.8. Embora evite a dominância posicional de alguns *locus*, esse algoritmo é disruptivo, evitando a proliferação de qualquer sequência comum, inclusive aquelas que podem ser desejáveis.

Como já foi dito, a natureza de cada problema é abstraída na codificação de seus cromossomos. Em alguns problemas, como o de formação de equipes, interessa a ordem dos elementos assim como a presença deles, sem repetições. Nesses problemas de permutação os tipos comuns de *crossover* não seriam adequados pois eventualmente introduziriam duplicidades e ausências. (ABDOUN; ABOUCHABAKA, 2012) apresentam e comparam o desempenho de alguns algoritmos de *crossover* desenvolvidos para esse tipo de problema de permutação.

Ordered crossover (OX) (GOLDBERG, 1989) é um crossover de permutação de alto desempenho (comparado a outros crossovers de permutação). Inicialmente são definidos 2 pontos de corte aleatórios, dividindo os pais em 3 faixas (esquerda, central e direita). A faixa central do segundo pai é copiada na posição correspondente do primeiro filho. Em seguida, iniciando pela primeira posição da faixa direita, copia-se o próximo elemento do primeiro pai que não esteja contido na faixa central desse filho, prosseguindo até preencher todas as posições, como se vê na Figura 7, na página 44. Para efeito dessa navegação, os cromossomos se comportam como anéis, ou seja, ao se atingir o último elemento da faixa direita a navegação continua a partir do primeiro elemento da faixa esquerda. Analogamente, o segundo filho recebe a faixa central do primeiro pai e o restante pela rotação sobre os demais elementos do segundo pai, como se vê na Figura 8, na página 44.

2.5.2.3 Mutação

As mutações produzem transformações aleatórias em alguns dos genes, com uma probabilidade tipicamente baixa (da ordem de 0,001), produzindo configurações distintas dos pais. É uma metáfora dos erros de cópia de genes durante a recombinação dos cromossomos dos pais. Tanto a posição do gene mutante quanto seu novo valor são aleatórios.

Assim como o *crossover*, a mutação em problemas de permutação necessita de uma preocupação adicional para não duplicar nem perder elementos. A **mutação de sequência reversa** (*Reverse Sequence Mutation - RSM*) (ABDOUN; ABOUCHABAKA, 2012) seleciona uma faixa entre dois pontos determinados aleatoriamente e inverte a ordem dos elementos nessa faixa. Isso garante que os mesmos elementos estejam presentes na faixa modificada, como se vê na Figura 9, na página 45.

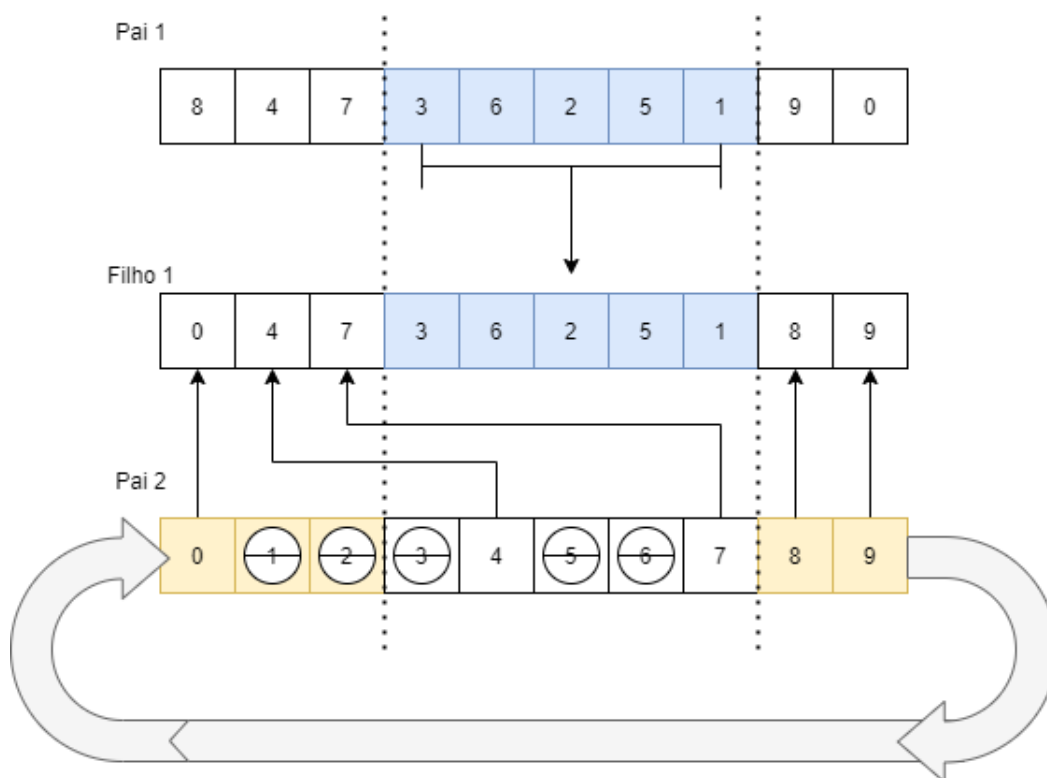


Figura 7 – *Ordered crossover (OX)* - filho 1

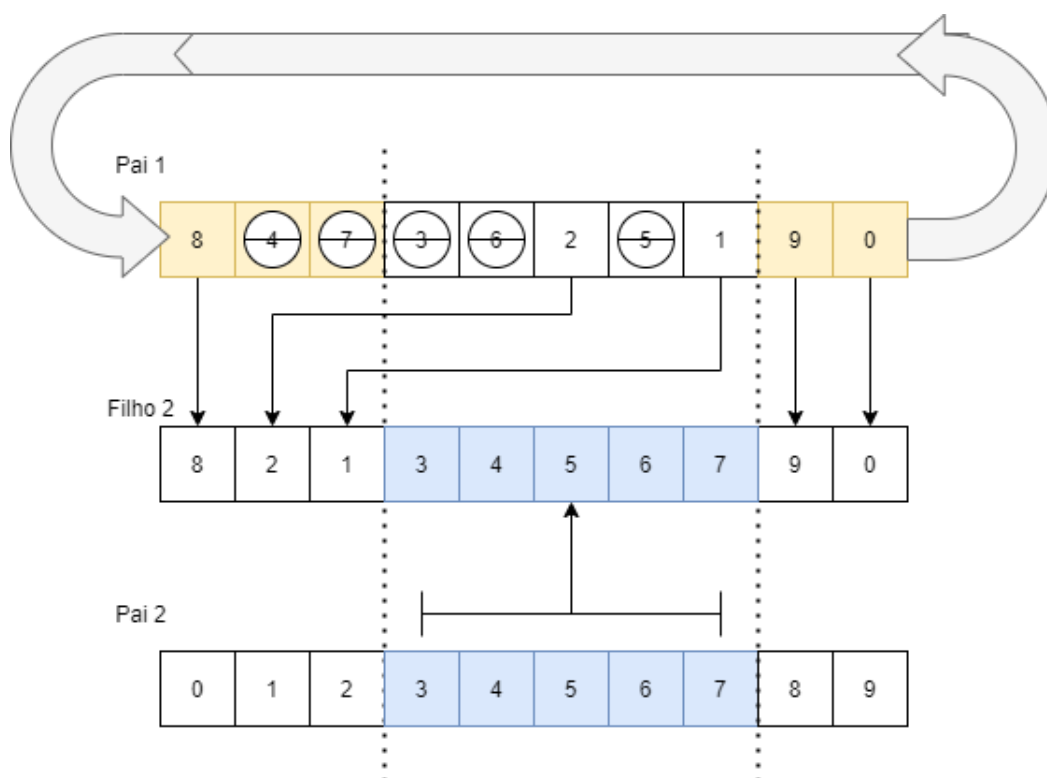


Figura 8 – *Ordered crossover (OX)* - filho 2

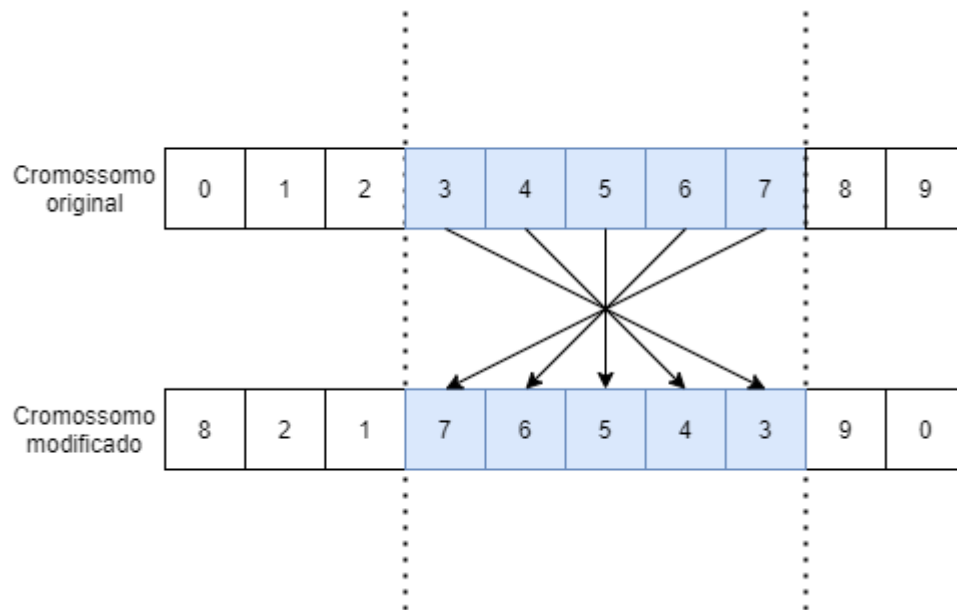


Figura 9 – *Reverse Sequence Mutation (RSM)*

2.5.2.4 Reinscrição

Às vezes, os indivíduos produzidos em uma geração podem se desviar de uma tendência anterior mais promissora. Para evitar o risco de desvio e perda de boas soluções parciais, pode ser interessante manter alguns indivíduos especialmente bem adaptados da geração anterior, mas que eventualmente não tenham sido selecionados ou que tenham sido descharacterizados pelo *crossover* e/ou a mutação. A reinscrição por elitismo, por exemplo, estipula uma quantidade de indivíduos de elite que deverão ser mantidos e completa a população da nova geração com os filhos recém-gerados.

2.6 Trabalhos correlatos

A investigação de teorias de aprendizagem, atributos individuais relevantes dos estudantes e técnicas computacionais de IA tem despertado interesse na comunidade científica nos últimos anos, tanto para recomendação de conteúdo quanto para formação de equipes de estudo. A seguir são apresentados alguns desses trabalhos que embasaram e nortearam esta dissertação. No geral, esses trabalhos utilizam algum tipo de estilos de aprendizagem, papéis de equipe, habilidades/competências e comportamentos (sozinhos ou em combinação) para formar perfis de estudantes que são aplicados a algoritmos como redes neurais e algoritmos genéticos (entre outras técnicas) para gerar arranjos otimizados de equipes de estudo.

Em (NICOLETTI; BALMACEDA; SCHIAFFINO, 2013) os autores investigaram a influência de estilos de aprendizagem (FELDER; SILVERMAN, 1988) e papéis de equipe

(BELBIN, 1993; BELBIN, 1996) no desempenho de equipes de estudo. Usando IA para extração de regras de associação eles encontraram uma correlação positiva no desempenho de equipes heterogêneas em relação aos papéis de equipe e homogêneas em relação aos estilos de aprendizagem observados. Esse estudo vem sendo utilizado como referência em trabalhos mais recentes. No entanto, a abordagem deles consistiu-se em extrair *insights* a partir dos dados das interações entre os estudantes, não se preocupando em validar as regras que a literatura propõe a partir de estudos mais detalhados, em especial as dos próprios autores das “teorias”, como Raymond Meredith Belbin que estuda e explora comercialmente esse tema há mais de 3 décadas. Cabe, então, uma investigação no sentido contrário, ou seja, partindo das regras para validar o desempenho e o comportamento. Além disso, as métricas avaliadas foram todas quantitativas. A satisfação individual parece ser uma métrica qualitativa interessante, que merece uma investigação adicional.

Em (CRUZ; ISOTANI, 2014) foram selecionados 48 publicações relevantes de um total de 256 pesquisadas. Os trabalhos foram agrupados em 5 categorias quanto à técnica usada, sendo que a mais proeminente, com 18 publicações, é baseada em algoritmos probabilísticos sendo 8 deles baseados em AG e 5 em otimizações *particle swarm* e *ant colony*. Isso evidencia o interesse dos pesquisadores pela aplicação de IA na formação de equipes.

A revisão sistemática da literatura de (MAQTARY; MOHSEN; BECHKOUM, 2019) mostrou que a formação de grupos no contexto de aprendizagem colaborativa é um tema relevante para a comunidade científica. Os autores pesquisaram cerca de 110 trabalhos em conferências, periódicos e capítulos de livros, selecionando 30 estudos relevantes e propuseram uma taxonomia de atributos e uma taxonomia de técnicas de formação de equipes. Dentro da primeira, sob o ramo de atributos de estudantes, figuram estilos de aprendizagem e papéis de equipe, além de competências/conhecimentos, traços de personalidade e interação social. A maioria dos estudos tentou explorar combinações de 2 ou mais desses critérios. Dentre as técnicas de formação, 60% dos estudos usaram algoritmos evolucionários sendo algoritmos genéticos a técnica dominante.

(GOGOULOU et al., 2007) propuseram um AG genérico customizável para escolher formações de equipes homogêneas, heterogêneas ou mistas dentre um conjunto de atributos selecionáveis. No entanto, o trabalho não faz uma avaliação prática da influência dos critérios selecionados sobre os resultados dos estudantes, restringindo-se a avaliar a qualidade das equipes quanto ao grau de homogeneidade selecionado.

Um AG multiobjetivo baseado no nível de conhecimento dos estudantes sobre a disciplina, suas habilidades de comunicação e de liderança foi proposto em (MORENO; OVALLE; VICARI, 2012). Segundo eles, essa estratégia produz resultados computacionais e pedagógicos melhores, sem demonstrar tais resultados.

(SUKSTRIENWONG, 2017) propôs um AG baseado em estilos de aprendizagem para geração de equipes. Pelas características de implementação, seu algoritmo prioriza as

combinações desejadas de estilos às custas de flexibilizar os tamanhos das equipes. Na prática escolar, no entanto, é mais comum que o tamanho das equipes seja controlado, evitando grupos muito grandes - que poderiam ser difíceis de administrar - e diferenças de tamanho - que poderiam representar ou ser percebidos como uma vantagem indevida de uma equipe sobre outra. Além disso, esse trabalho não considera papéis de equipe, que podem ter tanta relevância quanto os estilos de aprendizagem (ou até mais) já que representam o viés social dos indivíduos, importante nas interações entre os membros das equipes. Cabe, portanto, uma abordagem que considere tanto os estilos de aprendizagem quanto os papéis de equipe e que controle o tamanho das equipes.

(J. et al., 2017) propuseram um AG gerador de equipes também de tamanho variável, baseado em inteligências múltiplas, estilos de aprendizagem, liderança e assertividade, priorizando a heterogeneidade de todas as características individuais. Essa busca de heterogeneidade, pelo menos quanto aos estilos de aprendizagem, contraria o que foi verificado por (NICOLETTI; BALMACEDA; SCHIAFFINO, 2013). Diferentemente do trabalho de (SUKSTRIENWONG, 2017), eles adicionaram um fator de similaridade entre equipes no fitness, para restringir essas diferenças de tamanho.

(FLORES-PARRA et al., 2018) utilizaram papéis de equipe de Belbin em conjunto com *Social Network Analysis* ou Análise de Redes Sociais (SNA) para sugerir equipes por afinidade social, cabendo ao professor determinar a composição final delas, acatando ou não as sugestões, podendo fazer ajustes de acordo com sua experiência e com base nos critérios sugeridos pela teoria de Belbin. Os resultados foram avaliados em termos do quanto as equipes sugeridas com base nas interações sociais necessitaram de ajustes pelo professor. Não houve avaliação prática de desempenho nem de satisfação dos alunos.

(SÁNCHEZ; COLLAZOS; REDONDO, 2021) propuseram um AG baseado no modelo Big Five, investigando o efeito de composições homogêneas, heterogêneas e mistas sobre o desempenho dos estudantes distribuídos em equipes de mesmo tamanho. Embora falem da possibilidade de composições homogêneas, heterogêneas e mistas, nos experimentos só são mencionados um grupo experimental homogêneo e um heterogêneo, sem nenhum misto. Ambos apresentaram desempenho superior aos respectivos grupos controle, mas não há menção de testes com composições mistas nem comparação entre o desempenho dos grupos homogêneos e heterogêneos.

Nesta dissertação, foi utilizado um AG configurado para gerar equipes de mesmo número de estudantes. Como inovação em relação aos trabalhos citados acima, aqui os perfis de estudantes foram formados considerando preferências e comportamentos individuais, aferidos por questionários, em duas dimensões complementares (cognitiva e social) e os resultados práticos foram avaliados por meio de duas métricas (desempenho e satisfação), também complementares.

Student Profile based Team Generator (SPTG)

A proposta deste trabalho consiste em especificar um processo para levantar o perfil dos estudantes e aplicá-los a um AG configurado para agrupá-los em equipes balanceadas de uma forma que contribua para o desempenho e satisfação desses estudantes em atividades colaborativas. O perfil de estudante é composto por suas preferências individuais em duas dimensões: cognitiva e social. As preferências na dimensão cognitiva são obtidas a partir do questionário de estilos de aprendizagem. As preferências da dimensão social são obtidas a partir do inventário de autopercepção de papéis de equipe. A Seção 3.1 descreve os detalhes da formação do perfil de estudante como: de onde vêm as informações e como são tratadas e armazenadas. A Seção 3.2 apresenta a representação do problema e a configuração de um AG capaz de apresentar soluções efetivas. O processo é nomeado, para referência, como **Student Profile based Team Generator (SPTG)**.

3.1 Perfil do estudante

O perfil de estudante completo contém: dados pessoais (informados pelo próprio estudante), estilos de aprendizagem (via questionário) e papéis de equipe (via questionário). O perfil de cada estudante é construído e armazenado num banco de dados.

O resultado do ILS (FELDER; SILVERMAN, 1996) é usado para compor a dimensão cognitiva do perfil de estudante. Embora o uso do site seja livre para aplicações não comerciais, as questões estão em inglês. Por isso foi necessário criar um site com uma tradução livre e adaptada à nossa cultura (Apêndice A). Assim como no site original, o resultado são valores inteiros na faixa de -11 a 11 correspondentes às 4 dimensões propostas por Felder. Esses valores são categorizados de acordo com seu valor absoluto em: forte (11 ou 9), moderado (7 ou 5) ou fraco (3 ou 1).

Para compor a dimensão social do perfil de estudante é usado o resultado do *Self Perception Inventory* (SPI) do GETSET (BELBIN, 2021) da Belbin Associates. O GETSET

é um produto comercial, com direitos reservados, que traça um perfil de papéis de equipe em 360º levando em conta como o estudante se percebe (SPI) e como as pessoas no seu entorno o percebem (*observer assessment* - OA). Como as questões estão em inglês foi necessário criar um site com uma tradução para o português que capturasse as respostas dos estudantes e transcrevê-las para o site oficial. Embora desejável e recomendado pela Belbin Associates para maior precisão, o OA não foi utilizado, por vários motivos: simplicidade, agilidade, baixa familiaridade dos estudantes uns com os outros (por serem novos na instituição e não terem convivido pessoalmente). Embora apresente um gráfico normalizado, com a pontuação de cada um dos 9 papéis de equipe, o GETSET assume os dois papéis com maior pontuação como definição das preferências. Para o perfil de estudante, foi convencionado que o de maior pontuação é o preferencial (equivalente à classificação “forte” dos estilos de aprendizagem) e o segundo é um papel alternativo (equivalente à classificação “moderado”). Quando mais de um papel empata como mais pontuado, eles são usados como preferenciais e não se usa o alternativo. Quando mais de um empata como segundo, eles são usados como alternativos.

3.2 Algoritmo genético

O cromossomo que representa um arranjo dos estudantes em equipes, é representado por um *array* de inteiros conforme se vê na Figura 10, página 51. Cada elemento contém um índice correspondente à posição do respectivo estudante no banco de dados da turma (aqui representado por um outro *array* externo ao AG que contém todos os estudantes). Dessa forma evita-se a movimentação desnecessária e indesejável de dados durante as muitas operações realizadas pelos operadores em cada geração, o que comprometeria o desempenho.

As equipes são abstraídas como posições contíguas do *array* do cromossomo. Por exemplo: se as equipes devem ter 3 membros, então a primeira, a segunda e a terceira posições do cromossomo correspondem à primeira equipe, enquanto a quarta, quinta e sexta posições correspondem à segunda equipe, e assim por diante. Dessa forma é possível manter um tamanho uniforme das equipes.

A função de *fitness*, dada pela Equação 1, é a média dos balanceamentos das equipes formadas com todos os estudantes da turma. O balanceamento de uma equipe é a soma do seu balanceamento de estilos de aprendizagem e do seu balanceamento de papéis de equipe, conforme se vê na Equação 2.

$$f = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Ballance}(e_i) \quad (1)$$

onde:

$\text{Ballance}(e_i)$ = balanceamento da i-ésima equipe
 n = número de equipes

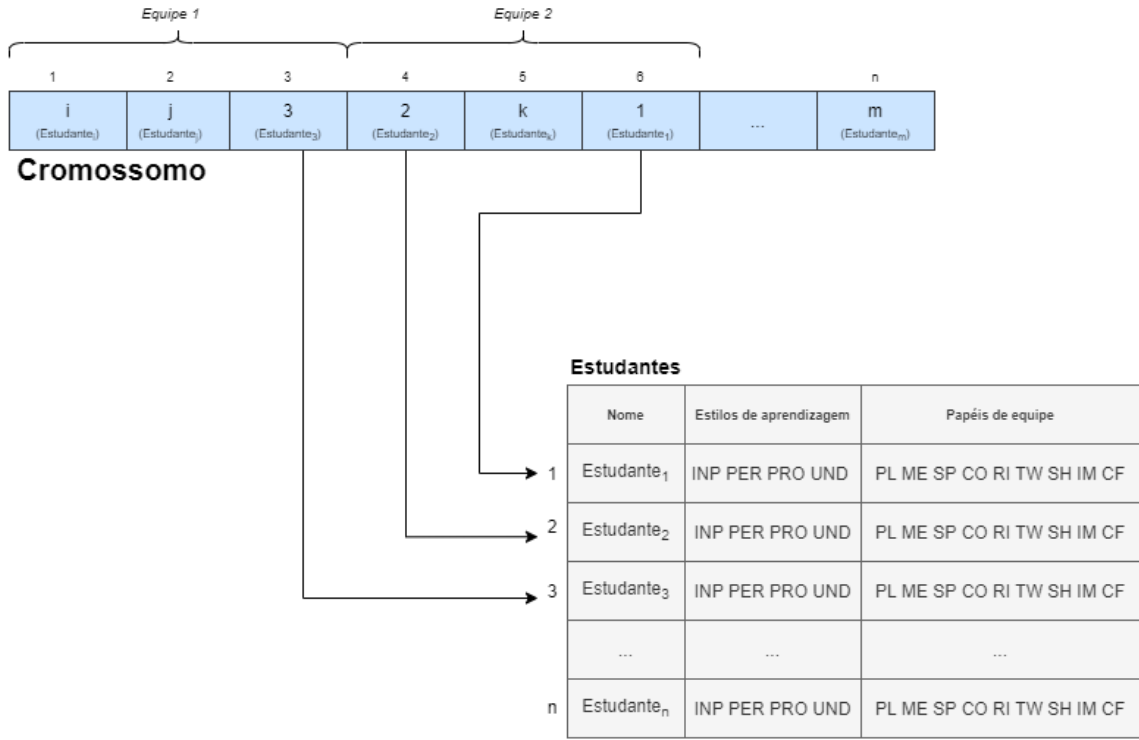


Figura 10 – Representação de um cromossomo do AG

$$Balance(e) = LS_{bal}(e) + TR_{bal}(e) \quad (2)$$

onde:

$LS_{bal}(e)$ = balanceamento dos estilos de aprendizagem da equipe

$TR_{bal}(e)$ = balanceamento dos papéis de equipe da equipe

e = equipe

Para calcular o balanceamento de estilos de aprendizagem de uma equipe, somamos os valores absolutos do somatório das preferências de cada estudante da equipe em cada uma das dimensões, conforme a Equação 3. Quanto mais homogênea é a equipe em relação a uma dimensão, maior será o somatório, pois haverá mais parcelas com mesmo sinal. Por outro lado, como o que interessa é a homogeneidade e não o polo (dado pelo sentido ou sinal num dado eixo dimensional), desconsideramos o sinal tomando seu valor absoluto.

$$LS_{bal}(e) = \left| \sum_{j=1}^k Inp(s_i) \right| + \left| \sum_{j=1}^k Per(s_i) \right| + \left| \sum_{j=1}^k Pro(s_i) \right| + \left| \sum_{j=1}^k Und(s_i) \right| \quad (3)$$

onde:

$Inp(p_i)$ = estilo de entrada do j -ésimo estudante da equipe
 $Per(p_i)$ = estilo de percepção do j -ésimo estudante da equipe
 $Pro(p_i)$ = estilo de processamento do j -ésimo estudante da equipe
 $Und(p_i)$ = estilo de compreensão do j -ésimo estudante da equipe
 s_j = j -ésimo estudante
 k = número de estudantes na equipe

O balanceamento dos papéis de equipe, dado pela Equação 4, é um pouco mais complexo, considerando, além da heterogeneidade desejada, a presença de determinados papéis numa quantidade determinada.

$$TR_{bal}(e) = Lead_{bal}(e) + Plant_{bal}(e) + Monitor_{bal}(e) - Voids(e) - Surplus(e) \quad (4)$$

onde:

$Lead_{bal}(e)$ = balanceamento de papéis de liderança na equipe
 $Plant_{bal}(e)$ = balanceamento de papéis criativos na equipe
 $Monitor_{bal}(e)$ = balanceamento de papéis de monitoramento na equipe
 $Voids(e)$ = número de papéis ausentes na equipe
 $Surplus(e)$ = número de papéis conflitantes na equipe

Para otimizar o cálculo dessas parcelas, é feita uma primeira passada computando a contagem de ocorrências de cada um dos 9 papéis de equipe, nos contadores PL, ME, SP, CO, RI, TW, SH, IM, CF. Dessa forma, o balanceamento de papéis de liderança (Equação 5) retorna 1 se houver um único coordenador (CO) ou um único formatador (SH), mas não ambos. O balanceamento de papéis criativos (Equação 6) retorna 1 se houver um único criador (PL). O balanceamento de papéis monitoradores (Equação 6) retorna 1 se houver um único monitor/avaliador (ME).

$$Lead_{bal}(e) = \begin{cases} 1, & CO = 1 \oplus SH = 1 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (5)$$

$$Plant_{bal}(e) = \begin{cases} 1, & PL = 1 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (6)$$

$$Monitor_{bal}(e) = \begin{cases} 1, & ME = 1 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (7)$$

A identificação e contagem de ausências (*voids*) computa a quantidade de papéis com contagem igual a zero, conforme as Equações 8 e 9. Como os vazios são indesejados, seu valor é subtraído do balanceamento.

$$Voids(e) = \sum_{role \in (PL, ME, SP, CO, RI, TW, SH, IM, CF)} Absense(role) \quad (8)$$

onde:

$Absense(role)$ = função que verifica se o papel (*role*) está ausente

role = um dos papéis de equipe: PL, ME, SP, CO, RI, TW, SH, IM, CF

$$Absense(role) = \begin{cases} 1, & role = 0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (9)$$

onde:

role = contador correspondente a um dos papéis de equipe: PL, ME, SP, CO, RI, TW, SH, IM, CF

Analogamente, a identificação e contagem de conflitos ou excedentes (*surplus*) computa a quantidade de papéis repetidos na equipe, conforme as equações 10 e 11. Como os excedentes são indesejados, seu valor também é subtraído do balanceamento.

$$Suplus(e) = \sum_{role \in (PL, ME, SP, CO, RI, TW, SH, IM, CF)} Conflict(role) \quad (10)$$

onde:

$Conflict(role)$ = função que verifica se o papel (*role*) está duplicado

role = um dos papéis de equipe: PL, ME, SP, CO, RI, TW, SH, IM, CF

$$Conflict(role) = \begin{cases} 1, & role > 1 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (11)$$

onde:

role = contador correspondente a um dos papéis de equipe: PL, ME, SP, CO, RI, TW, SH, IM, CF

Como na estrutura de dados escolhida para representar os cromossomos cada posição corresponde a um estudante e sua ordem determina a qual equipe ele pertence, os tipos de *crossover* normais não seriam adequados pois eventualmente introduziriam duplicidades e ausências. Cada estudante deve pertencer a uma, e somente uma, equipe. Embora a ordem dos estudantes dentro do bloco correspondente a uma equipe não seja relevante, no

âmbito geral, além das curtas fronteiras desses blocos, ordens diferentes levam a arranjos de equipes diferentes. Por isso, o operador de *crossover* escolhido foi o **Ordered Crossover (OX)** que é um *crossover* de permutação de alto desempenho. O funcionamento está descrito em detalhes na subseção 2.5.2.2.

O operador de mutação escolhido foi **Reverse Sequence Mutation (RSM)** com uma taxa de mutação de 10%. RSM inverte a ordem dos genes compreendidos em um intervalo entre dois pontos do cromossomo determinados aleatoriamente, mantendo todos os genes e evitando a introdução de genes repetidos. O funcionamento do RSM está descrito em detalhes na subseção 2.5.2.3.

A seleção de cromossomos para *crossover* e para compor a próxima geração é feita pelo algoritmo **Elite Selection** que seleciona os n cromossomos com melhor *fitness*, priorizando a eficiência das soluções sobre a diversidade.

A condição de parada escolhida foi **Fitness Stagnation** de 100 gerações, ou seja, o algoritmo roda até que o *fitness* do melhor cromossomo permaneça estável por 100 gerações.

O AG foi implementado como uma aplicação console em C#, usando uma adaptação da biblioteca GeneticAlgorithm. A aplicação recebe como entrada um arquivo .csv (com nome e perfil dos estudantes), roda diversas gerações até que a condição de parada seja atingida e apresenta as sugestões de composição de equipes na tela ou arquivo .csv de saída.

Experimentos e Análise dos Resultados

Todas as atividades experimentais descritas neste capítulo foram executadas por estudantes adolescentes dos sexos masculino e feminino regularmente matriculados na disciplina de Lógica de Programação 1, no primeiro período do curso Técnico em Redes de Computadores do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, na cidade de Uberlândia em maio de 2021. Os questionários eletrônicos ILS (de estilos de aprendizagem) e GETSET (de papéis de equipe) foram respondidos via web em horários da conveniência de cada estudante. As avaliações foram aplicadas pelo professor em aulas virtuais da disciplina por meio do Google Classroom em dias e horários normais.

Os detalhes do planejamento, execução, métricas, resultados obtidos e análise desses resultados são apresentados a seguir. A seção 4.1 descreve o método experimental, com a preparação das atividades e as métricas utilizadas para avaliar a validade das hipóteses de pesquisa. A seção 4.2 descreve as atividades executadas e os resultados obtidos. Por fim, os resultados são apresentados e avaliados na seção 4.3.

O projeto desses experimentos foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFU sob o número do Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) 16348719.5.0000.5152.

4.1 Método

Para verificar a validade das hipóteses de pesquisa foram identificados os perfis individuais dos estudantes do grupo de teste a partir de suas respostas aos questionários eletrônicos de estilos de aprendizagem e papéis de equipe. O grupo de teste foi montado com equipes sugeridas pelo do AG alimentado com os perfis dos estudantes selecionados. O grupo de controle foi formado por equipes determinadas randomicamente com os demais estudantes.

Uma atividade colaborativa foi aplicada às equipes dos dois grupos e avaliada pelo professor. A seguir, os estudantes responderam aos questionários individuais de satisfação relacionados à sua percepção sobre os colegas de equipe e sobre a atividade.

Quanto à hipótese principal de influência positiva do perfil de estudante na formação de equipes de estudo os resultados foram analisados utilizando duas métricas: desempenho acadêmico e satisfação pessoal.

1. Desempenho acadêmico: é um índice quantitativo correspondente à nota individual atribuída pelo professor ao estudante;
2. Satisfação pessoal: é um índice qualitativo atribuído pelo estudante a si mesmo e à equipe, avaliando sua percepção subjetiva de contentamento quanto às interações com os colegas e a contribuição de/para a equipe, obtido pela aplicação de questionário específico.

4.2 Experimentos

30 estudantes de ensino médio profissionalizante participaram do estudo piloto. Os participantes foram recrutados pelo professor durante uma aula normal. Após a apresentação do teor da pesquisa e esclarecimento de dúvidas pelo pesquisador, 26 estudantes aceitaram os termos de participação, mas efetivamente apenas 18 responderam os dois questionários: ILS e GETSET.

A Tabela 8, na página 57, apresenta os resultados do questionário de estilos de aprendizagem. A distribuição de incidências das preferências em cada dimensão é exibida na Figura 4.2, na página 58. Na amostra analisada, é possível notar a predominância do estilo visual e sensitivo e um equilíbrio nas outras duas dimensões.

A Tabela 9, na página 57, apresenta os resultados do questionário de papéis de equipe. Efetivamente, os papéis de equipe identificados são os apresentados na Tabela 10, na página 58. A distribuição de incidências das preferências em cada dimensão é exibida na Figura 4.2, na página 59, onde o gráfico da esquerda corresponde aos papéis identificados como preferenciais e o gráfico da direita agrega os preferenciais e os alternativos.

O perfil individual de cada estudante, formado pela combinação dos resultados de cada questionário é apresentado na Tabela 4.2, na página 60. Esses perfis alimentaram o AG que gerou equipes otimizadas para compor o grupo de teste. Os outros estudantes foram tomados arbitrariamente para compor o grupo de controle.

4.2.1 Primeiro ciclo de atividades

Os perfis dos estudantes foram aplicados no AG, para formar 6 equipes com 3 estudantes em cada para compor o grupo de teste conforme a Tabela 13, na página 60. Os demais estudantes foram distribuídos arbitrariamente e randomicamente em 3 equipes (duas com 3 estudantes cada e uma com 2) para compor o grupo de controle, representando a forma usual de formação de equipes, usada como termo de comparação para avaliar os resultados.

Tabela 8 – Estilos de aprendizagem identificados no ILS

	Entrada	Percepção	Processamento	Compreensão
Estudante 1	Visual	Sensitivo+	Reflexivo	Global-
Estudante 2	Visual-	Sensitivo-	Ativo-	Global
Estudante 3	Visual-	Intuitivo	Reflexivo-	Global-
Estudante 4	Visual-	Sensitivo	Ativo	Sequencial-
Estudante 5	Visual-	Sensitivo-	Reflexivo	Sequencial-
Estudante 6	Visual	Sensitivo	Ativo-	Global-
Estudante 7	Visual	Sensitivo-	Reflexivo-	Sequencial-
Estudante 8	Visual-	Intuitivo	Reflexivo-	Global
Estudante 9	Visual	Sensitivo-	Ativo-	Sequencial-
Estudante 10	Verbal-	Sensitivo+	Reflexivo	Sequencial
Estudante 11	Visual-	Sensitivo-	Ativo-	Sequencial
Estudante 12	Visual	Sensitivo	Ativo	Global-
Estudante 13	Visual-	Sensitivo	Ativo-	Global-
Estudante 14	Visual-	Sensitivo+	Reflexivo	Global
Estudante 15	Visual-	Sensitivo	Reflexivo-	Global-
Estudante 16	Verbal-	Sensitivo-	Reflexivo	Sequencial-
Estudante 17	Visual	Intuitivo-	Reflexivo-	Global-
Estudante 18	Visual+	Sensitivo+	Ativo	Sequencial-

Obs.: O símbolo + indica uma preferência forte e o símbolo - indica uma preferência fraca

Tabela 9 – Papéis de equipe identificados pelo inventário de Belbin

	PL	ME	SP	CO	RI	TW	SH	IM	CF
Estudante 1	31	6	81	25	0	38	69	50	100
Estudante 2	73	36	73	64	45	100	73	45	45
Estudante 3	100	29	36	29	57	29	79	36	50
Estudante 4	24	41	41	41	41	35	100	41	35
Estudante 5	38	54	85	38	8	15	85	69	100
Estudante 6	78	67	89	67	78	78	89	100	56
Estudante 7	44	19	69	19	38	31	44	100	44
Estudante 8	100	71	64	50	50	29	43	43	36
Estudante 9	60	27	47	33	7	60	40	100	67
Estudante 10	80	80	80	80	30	50	60	100	80
Estudante 11	100	50	90	60	50	60	100	70	60
Estudante 12	4	100	42	42	19	4	27	19	8
Estudante 13	0	0	25	25	0	25	0	100	0
Estudante 14	78	67	100	78	56	100	78	89	67
Estudante 15	42	33	100	75	75	50	25	92	75
Estudante 16	64	55	91	64	73	100	45	64	18
Estudante 17	100	28	0	31	0	7	17	45	7
Estudante 18	41	12	18	35	12	59	24	47	100

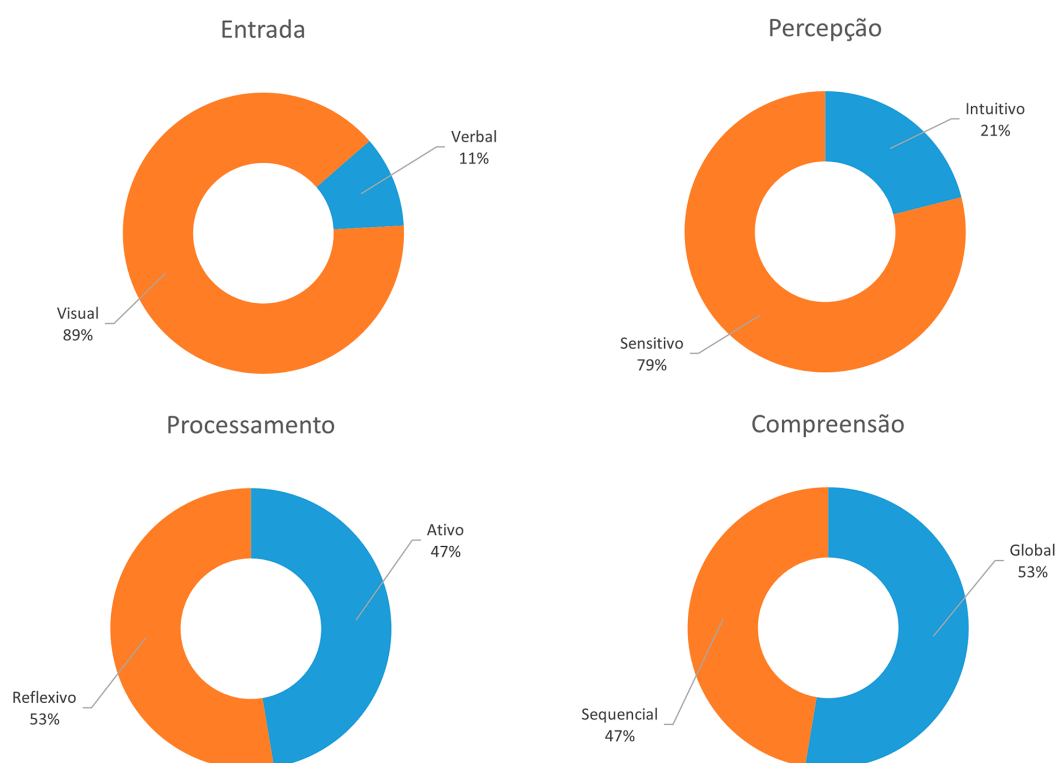


Figura 11 – Ocorrências de estilos de aprendizagem entre os estudantes que responderam aos questionários

Tabela 10 – Papéis de equipe (preferenciais e alternativos)

	PL	ME	SP	CO	RI	TW	SH	IM	CF
Estudante 1			81						100
Estudante 2	73		73			100	73		
Estudante 3	100				57		79		
Estudante 4		41	41	41	41		100	41	
Estudante 5			85				85		100
Estudante 6			89				89	100	
Estudante 7			69					100	
Estudante 8	100	71	64						
Estudante 9								100	67
Estudante 10	80	80	80	80				100	80
Estudante 11	100		90				100		
Estudante 12		100	42	42					
Estudante 13			25	25		25		100	
Estudante 14			100			100			
Estudante 15			100					92	
Estudante 16			91			100			
Estudante 17	100			31				45	
Estudante 18						59			100

Tabela 11 – Preferências individuais de papéis de equipe por estudante

	Papéis de equipe
Estudante 1	CF + SP
Estudante 2	TW + PL SP SH
Estudante 3	PL + SH
Estudante 4	SH + ME SP CO RI IM
Estudante 5	CF + SP SH
Estudante 6	IM + SP SH
Estudante 7	IM + SP
Estudante 8	PL + ME
Estudante 9	IM + CF
Estudante 10	IM + PL ME SP CO CF
Estudante 11	PL + SH +
Estudante 12	ME + SP CO
Estudante 13	IM + SP CO TW
Estudante 14	SP + TW +
Estudante 15	SP + IM
Estudante 16	TW + SP
Estudante 17	PL + IM
Estudante 18	CF + TW

Obs.: O símbolo + indica um papel preferencial

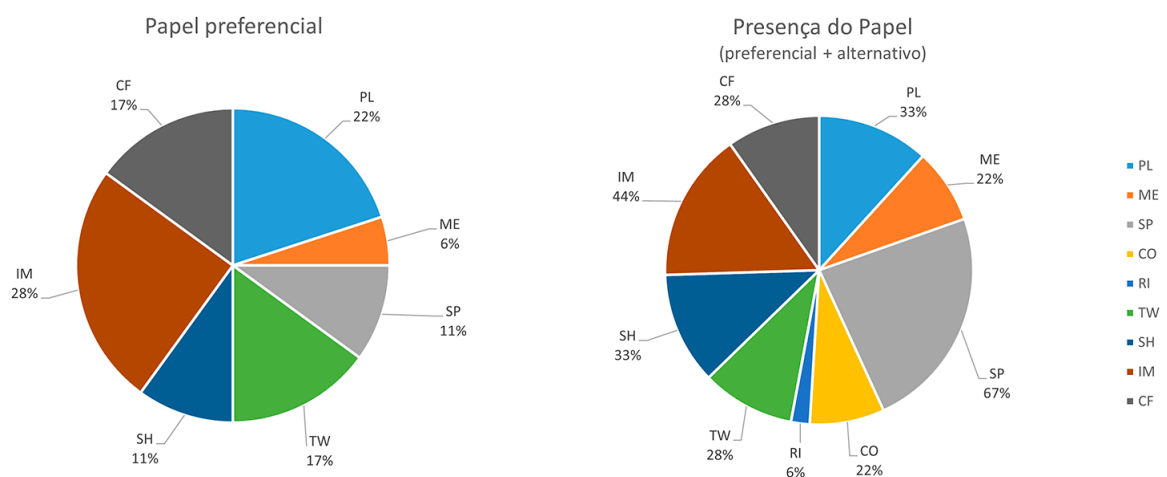


Figura 12 – Ocorrências de papéis de equipe entre os estudantes que responderam aos questionários

Tabela 12 – Perfis individuais dos estudantes do grupo de teste

	Estilos de aprendizagem	Papéis de equipe
Estudante 1	VI- SE+ RF GL	SP+ TW+
Estudante 2	VE- SE+ RF SQ	IM+ PL ME SP CO CF
Estudante 3	VI- SE AT- GL-	IM+ SP CO TW
Estudante 4	VI+ SE+ AT SQ-	CF+ TW
Estudante 5	VI- SE- RF SQ-	CF+ SP SH
Estudante 6	VI- SE AT SQ-	SH+ ME SP CO RI IM
Estudante 7	VI- SE- AT- SQ	PL+ SH+
Estudante 8	VI- IN RF- GL-	PL+ SH
Estudante 9	VI- IN RF- GL	PL+ ME
Estudante 10	VE- SE- RF SQ-	TW+ SP
Estudante 11	VI SE AT- GL-	IM+ SP SH
Estudante 12	VI SE- AT- SQ-	IM+ CF
Estudante 13	VI SE AT GL-	ME+ SP CO
Estudante 14	VI- SE- AT- GL	TW+ PL SP SH
Estudante 15	VI IN- RF- GL-	PL+ IM
Estudante 16	VI SE+ RF GL-	CF+ SP
Estudante 17	VI- SE RF- GL-	SP+ IM
Estudante 18	VI SE- RF- SQ-	IM+ SP

Tabela 13 – Composição das equipes.

	Equipe	Membros
Teste	1	Estudante 14 Estudante 11 Estudante 1
	2	Estudante 16 Estudante 3 Estudante 17
	3	Estudante 2 Estudante 10 Estudante 15
	4	Estudante 18 Estudante 12 Estudante 7
	5	Estudante 8 Estudante 5 Estudante 9
	6	Estudante 6 Estudante 13 Estudante 4
Controle	7	Estudante 23 Estudante 25 Estudante 24
	8	Estudante 27 Estudante 26 Estudante 22
	9	Estudante 21 Estudante 19

O professor escolheu uma atividade colaborativa com dinâmica, conteúdo e pontuação a seu critério. Essa escolha foi intencional, com o objetivo de reduzir a “interferência do observador” no processo e na autonomia do professor, principalmente levando em conta as dificuldades impostas pela transição abrupta para o ambiente virtual em decorrência das medidas de isolamento social em resposta à pandemia de COVID-19.

Foi escolhida uma atividade síncrona com elementos de gamificação e estratégia. De uma lista contendo 12 exercícios de diferentes complexidades, cada equipe escolheu 2 exercícios para si e 1 para a equipe subsequente. Todas tiveram 60 minutos para resolver e postar a solução dos seus 3 respectivos exercícios.

Valendo 4,0 pontos, cada questão respondida corretamente garantiu 1 ponto. Como fator extra de desempenho, a primeira equipe a entregar recebeu um bônus de 1 ponto; a segunda 0,9; a terceira 0,8 e assim por diante.

Uma não conformidade importante ocorrida no dia da atividade foi a ausência de um membro da equipe 1. Apesar de uma evidência anedótica não servir para conclusões, o estudante ausente teria o papel de implementador da equipe. Isso pode sugerir que a falta de um implementador pode ter sido um fator que derrubou a produtividade da equipe, que entregou apenas uma questão e teve o pior desempenho.

Tal como a atividade foi proposta e avaliada pelo professor, o aproveitamento obtido pelas equipes foi o apresentado na Tabela 14, na página 61, onde se pode notar uma alternância entre equipes do grupo de teste e do grupo de controle. Nessa forma, não é possível identificar nenhum padrão distinto.

Tabela 14 – Notas obtidas por equipe em ordem decrescente.

Equipe	Nota	Grupo
5	4.0	Teste
7	3.9	Controle
4	3.8	Teste
8	3.7	Controle
6	3.6	Teste
2	3.5	Teste
3	2.3	Teste
9	2.3	Controle
1	1.3	Teste

Assim, a despeito dos aspectos inovadores, estratégicos e lúdicos da atividade proposta pelo professor, se fez necessário um aprofundamento na análise de algumas de suas especificidades. Pode-se verificar e/ou inferir alguns pontos importantes que podem introduzir variáveis aleatórias capazes de ofuscar os resultados:

1. A complexidade das questões é diferente;
2. O número de questões respondidas é pequeno, o que dificulta a diferenciação das notas entre equipes;

3. A ordem de escolha das questões é relevante, em especial se os estudantes perceberem aspectos estratégicos de adotar uma abordagem competitiva ao:
 - a) Simplificar seu trabalho escolhendo para si as questões mais fáceis, e/ou
 - b) Dificultar o trabalho do “adversário” atribuindo a eles as questões mais difíceis, até para que elas não retornem para si.
4. A percepção desses aspectos pode ou não ocorrer a uma ou outra equipe;
5. O bônus de eficiência dado pela ordem de entrega não é necessariamente relevante para avaliação da hipótese de pesquisa;
6. A ausência de um estudante de uma equipe balanceada potencialmente a desestabiliza;
7. Atividades rápidas podem não dar tempo de aproveitar as vantagens de equipes balanceadas, lançando tanto as balanceadas quanto as aleatórias mais na dependência da eventual capacidade individual de algum dos membros do que da efetiva colaboração entre eles.

Para abstrair a ausência do membro da equipe 1 ela foi retirada dos resultados. Para abstrair a influência do tempo de entrega como fator irrelevante o bônus foi removido e a nota foi ajustada. Os resultados corrigidos são apresentados na Tabela 15, na página 62.

Tabela 15 – Notas ajustadas por equipe em ordem decrescente.

Equipe	Nota	Grupo
2	3.0	Teste
4	3.0	Teste
5	3.0	Teste
6	3.0	Teste
7	3.0	Controle
8	3.0	Controle
3	2.0	Teste
9	2.0	Controle

Convertendo as notas em conceitos na Tabela 16, na página 63, percebe-se a discrepância pela quebra da equipe 1.

Nesse novo cenário, a única quebra de expectativa foi uma troca de posição entre a equipe 3 (do grupo de teste) e a equipe 8 (do grupo de controle). Temos 4 das 5 equipes do grupo de teste entre os 5 primeiros colocados.

4.2.2 Segundo ciclo de atividades

A partir dos resultados do primeiro ciclo, foram feitos ajustes de peso na função de *fitness* para melhorar as especificações de equipes tirando o peso dos estilos de aprendizagem fracos, normalizando os valores de papéis de equipe em percentual e considerando

Tabela 16 – Conceitos obtidos por equipe.

	Equipe	Aproveitamento
Teste	1	D
	2	A
	3	B
	4	A
	5	A
	6	A
Controle	7	A
	8	A
	9	B

apenas o papel preferencial e o alternativo (aqueles com maior pontuação e o segundo maior, respectivamente). Para reduzir o ruído das variáveis não controladas identificadas, relativas à natureza da atividade aplicada aos estudantes, foi desenhada uma nova atividade, com a colaboração do professor, agora direcionada mais especificamente aos efeitos da composição das equipes e menos afetada pela atividade em si:

1. Com uma dinâmica mais neutra e mais longa descartando a preocupação com desempenho temporal;
2. Com todos os estudantes respondendo às mesmas questões para reduzir os fatores aleatórios intervenientes como a complexidade diferente de questões apresentadas a uma equipe e não às outras;
3. Com maior número de questões para estabelecer uma escala mais ampla que permitisse capturar pequenas diferenças de desempenho entre as equipes;
4. Com tempo de execução mais longo e assíncrona para diminuir eventuais impactos de ausências momentâneas de membros, bem como permitir um assentamento e estabilização das dinâmicas internas da equipe.

Os perfis dos estudantes foram aplicados no AG, para formar 5 novas configurações de equipes com 3 estudantes cada para compor o grupo de teste conforme a Tabela 17 na página 64. Os demais estudantes foram distribuídos arbitrariamente e randomicamente em 4 equipes (três com 3 estudantes cada e uma com 2) para compor o grupo de controle, representando a forma usual de formação de equipes, usada como termo de comparação para avaliar os resultados.

Os estudantes receberam 10 questões de complexidades diversas para responder no prazo de uma semana, auto-organizando suas seções de estudo virtuais.

Ocorreram não-conformidades na equipe 7, que não entregou, e na equipe 9, onde apenas um estudante fez o trabalho por desistência do outro.

Tal como a atividade foi proposta e avaliada pelo professor, o aproveitamento obtido pelas equipes foi o apresentado na Tabela 18, na página 64. A tabela 19 apresenta

Tabela 17 – Composição das equipes para o segundo ciclo.

	Equipe	Membros
Teste	1	Estudante 5 Estudante 10 Estudante 9
	2	Estudante 13 Estudante 16 Estudante 15
	3	Estudante 1 Estudante 8 Estudante 12
	4	Estudante 14 Estudante 6 Estudante 7
	5	Estudante 18 Estudante 2 Estudante 17
Controle	6	Estudante 19 Estudante 28 Estudante 4
	7	Estudante 23 Estudante 24 Estudante 25
	8	Estudante 26 Estudante 22 Estudante 21
	9	Estudante 3 Estudante 20

as estatísticas descritivas do aproveitamento, representada graficamente pelo boxplot da figura 13. Conforme a tabela 20 a normalidade da distribuição foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. A homogeneidade da variância foi verificada pelo teste de Levene conforme mostra a tabela 21. Atendidos esses pressupostos, a superioridade do grupo de teste sobre o grupo controle foi verificada pelo teste T de Student com 99% de certeza, conforme a tabela 22 e os intervalos de confiança da figura 14.

Tabela 18 – Aproveitamento por equipe.

Grupo	Equipe	Nota	Conceito	Média
Teste	1	5,7	B	5,9
	2	7,0	A	
	3	5,3	B	
	4	5,7	B	
	5	5,8	B	
Controle	6	4,4	C	4,5
	7			
	8	5,0	C	
	9	4,1	D	

Após a segunda atividade os estudantes responderam a um questionário de satisfação que pode ser visto no Apêndice B. Esse questionário tem 3 objetivos: a) identificar a predisposição ou não do estudante para atividades em equipe e em que condições; b) capturar a percepção subjetiva de satisfação do estudante em relação à sua respectiva

Tabela 19 – Estatísticas descritivas do aproveitamento.

	Grupo	Nota
N	Controle	3
	Teste	5
Ausentes	Controle	1
	Teste	0
Média	Controle	4,50
	Teste	5,90
Desvio padrão	Controle	0,458
	Teste	0,644
Mínimo	Controle	4,10
	Teste	5,30
Máximo	Controle	5,00
	Teste	7,00

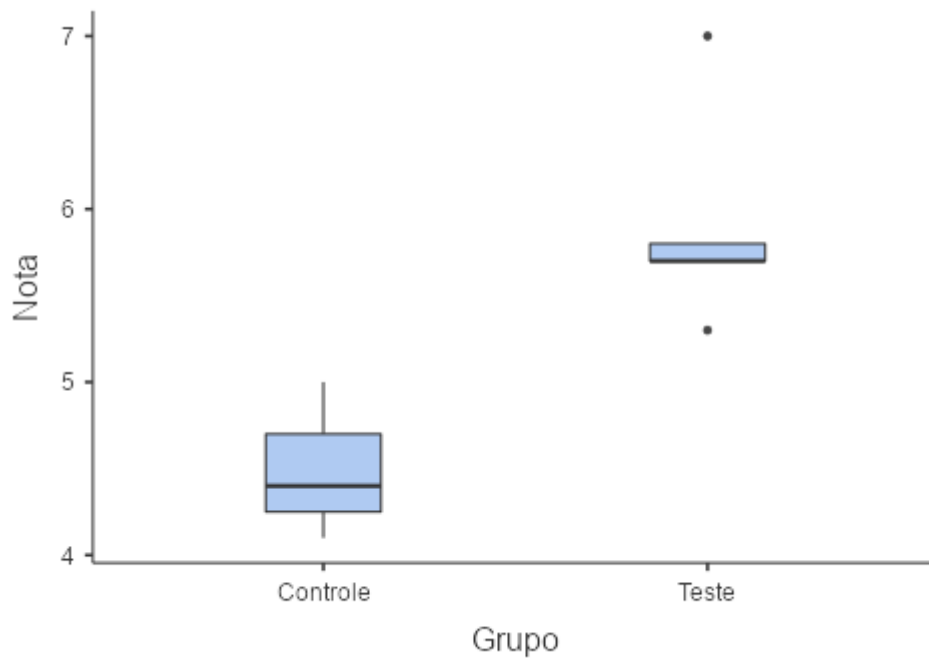


Figura 13 – Boxplot do aproveitamento dos estudantes

Tabela 20 – Teste de Shapiro-Wilk para a normalidade do aproveitamento.

	W	p
Nota	0,859	0,116

Tabela 21 – Teste de Levene para a homogeneidade da variância do aproveitamento.

	F	df	df2	p
Nota	0,164	1	6	0,699

Tabela 22 – Testes-T de Student do aproveitamento.

	Estatística	df	p
Nota	-3,26	6,00	0,009

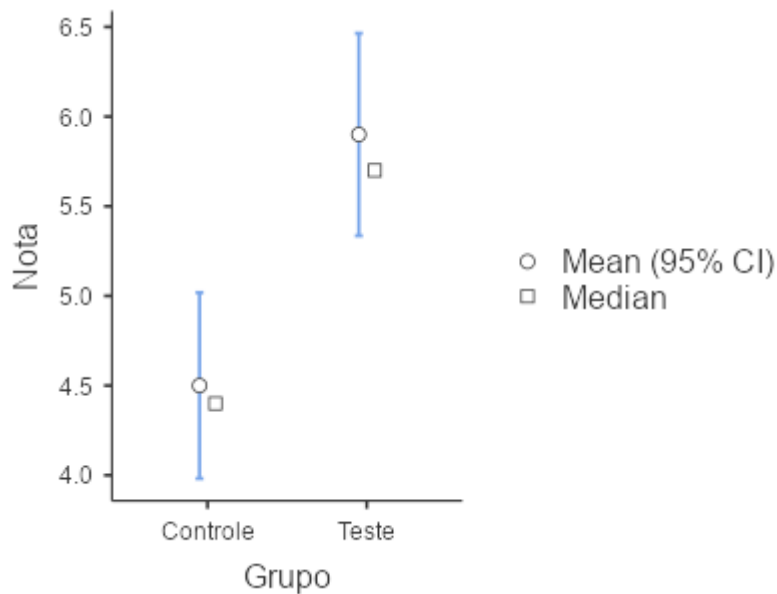


Figura 14 – Intervalos de confiança do aproveitamento dos estudantes

Tabela 23 – Satisfação por equipe.

Grupo	Equipe	Satisfação	Média
Teste	1	5 (Gostou muito)	4 (Gostou)
	2	4 (Gostou)	
	3	4 (Gostou)	
	4	5 (Gostou muito)	
	5	4 (Gostou)	
Controle	6	2 (Não gostou)	3 (Indiferente)
	7		
	8	4 (Gostou)	
	9	3 (Indiferente)	

equipe; e c) obter *feedbacks* e percepções adicionais. A compilação da percepção de satisfação pode ser vista na Tabela 23, na página 66. A percepção da equipe é calculada pela média dos valores individuais numa escala de 1 a 5 correspondente às respostas “Detestei”, “Não gostei”, “Não fez diferença”, “Gostei” e “Gostei muito”.

A tabela 24 apresenta as estatísticas descritivas da satisfação, representadas graficamente pelo boxplot da figura 15. Como se trata de um atributo categórico, a superioridade do grupo de teste sobre o grupo controle foi verificada pelo teste Mann-Whitney com 96% de certeza, conforme a tabela 25 e os intervalos de confiança da figura 16.

4.3 Avaliação dos resultados

Descartadas as variáveis da primeira atividade que não tinham relação com o que se desejava medir e desenhando uma atividade com ruído menor, foi possível verificar o desempenho superior das equipes do grupo de teste nas duas métricas propostas: notas

Tabela 24 – Estatísticas descritivas de satisfação.

	Grupo	Satisfação
N	Controle	3
	Teste	5
Ausentes	Controle	1
	Teste	0
Mediana	Controle	3
	Teste	4
Mínimo	Controle	2
	Teste	4
Máximo	Controle	4
	Teste	5
25º percentil	Controle	2,50
	Teste	4,00
75º percentil	Controle	3,50
	Teste	5,00

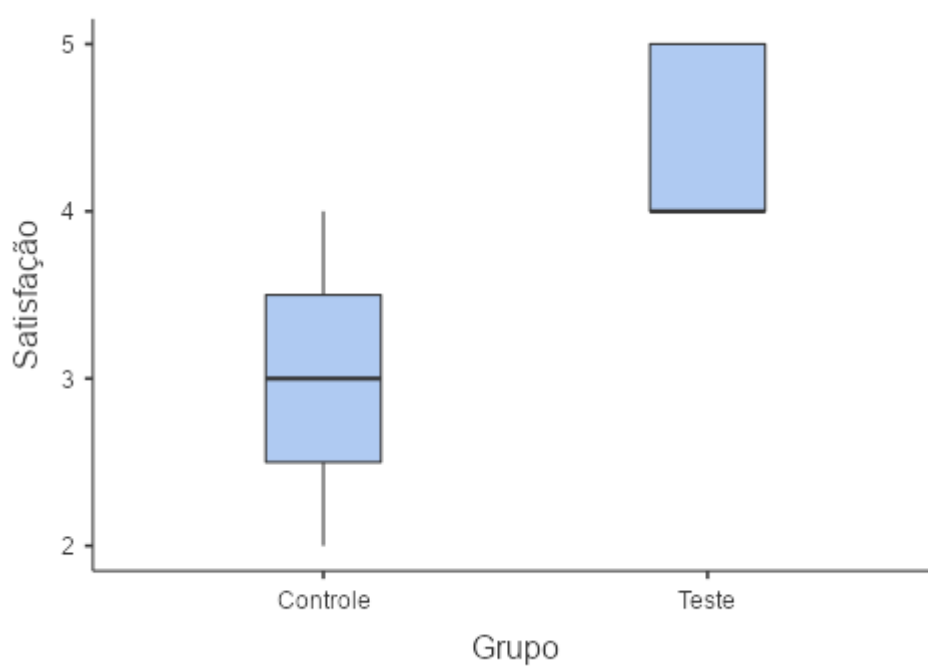


Figura 15 – Boxplot da satisfação dos estudantes

Tabela 25 – Testes-T de Mann-Whitney da satisfação.

	Estatística	p
Satisfação	1,50	0,039

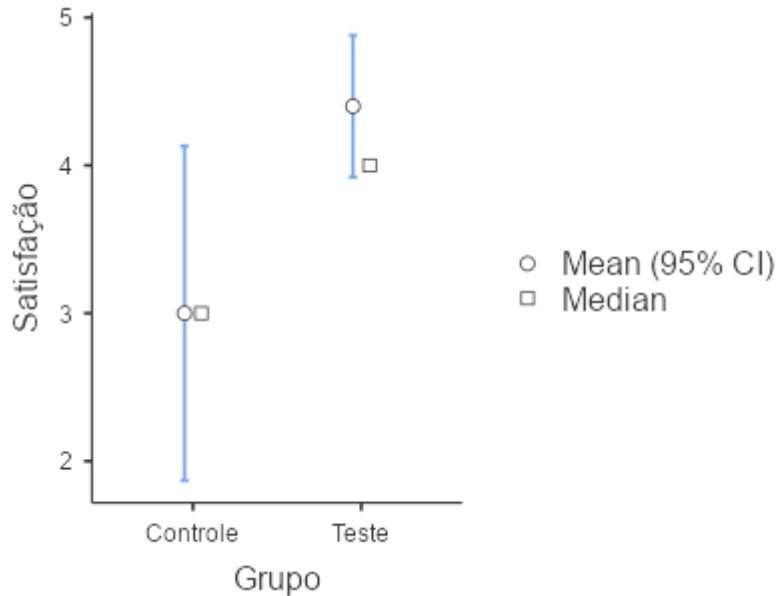


Figura 16 – Intervalos de confiança da satisfação dos estudantes

maiores (desempenho acadêmico) e maior satisfação pessoal. Isso comprovou a hipótese que **estilos de aprendizagem e papéis de equipe são relevantes para o desempenho e satisfação dos estudantes em atividades de estudo colaborativo.**

Uma validação direta da segunda hipótese poderia ser feita verificando adicionalmente um desempenho inferior em atividades desempenhadas por equipes arranjadas para apresentar *fitness* pior. Para isso, seria necessário um maior número de estudantes – para criar um grupo de teste com esse *fitness* inferior – ou a execução de novas atividades – com os mesmos estudantes em equipes arranjadas dessa forma. Mas tais condições não estavam disponíveis: nem um número maior de estudantes nem mais tempo para atividades. Por isso, foi proposta uma prova indireta: considerando que foi possível especificar uma função matemática linear para medir o balanceamento de uma equipe e, por extensão, de todas as equipes de uma turma e com isso estabelecer uma função objetivo otimizável que quantifica o grau de adequação de diferentes soluções, ao se comprovar o melhor desempenho das equipes formadas por esse AG, a hipótese que **a formação de equipes pode ser tratada como um problema de otimização que pode ser resolvido utilizando algoritmos genéticos** fica comprovada indiretamente.

Conclusão

A natureza inerentemente social do ser humano nos leva a buscar formas de interagir com nossos semelhantes. O surgimento de canais virtuais e a popularização da internet e dos dispositivos móveis incorporou essa conectividade a praticamente todos, em especial a crianças e adolescentes, que já nasceram nesse ambiente. Hoje, estar conectado é uma necessidade, inclusive na educação. Essa necessidade de estar conectado e de obter bons resultados torna importante identificar fatores que afetam o desempenho conjunto e descobrir formas eficientes de organizar equipes de estudo.

O objetivo deste trabalho foi **demostrar que equipes de estudo formadas com base em perfis individuais que combinam estilos de aprendizagem e papéis de equipe dos estudantes apresentam desempenho melhor do que equipes formadas casualmente.**

Este trabalho investigou a influência conjunta dos estilos de aprendizagem e dos papéis de equipe dos estudantes nos resultados de atividades de estudo colaborativo. A formação de equipes de estudo foi tratada como um problema de otimização baseado em regras de balanceamento das equipes quanto aos estilos e papéis dos membros. Para resolver esse problema de otimização, foi criado um algoritmo genético.

Foram identificados os perfis individuais dos estudantes do grupo de teste a partir de suas respostas aos questionários eletrônicos de estilos de aprendizagem e papéis de equipe. O grupo de teste foi montado com equipes sugeridas pelo AG, alimentado com os perfis dos estudantes selecionados. O grupo de controle foi formado por equipes determinadas randomicamente com os demais estudantes. Atividades colaborativas foram aplicadas às equipes dos dois grupos e avaliadas pelo professor. A seguir, os estudantes responderam questionários individuais de satisfação relacionados à sua percepção sobre os colegas de equipe e sobre a atividade.

O objetivo específico de comprovar a influência dos estilos de aprendizagem e papéis de equipe no aproveitamento conjunto dos estudantes em atividades colaborativas foi atingido ao verificar o melhor desempenho dos estudantes do grupo de teste com aproveitamento 34% maior em relação ao grupo de controle.

O objetivo específico de comprovar a influência dos estilos de aprendizagem e papéis de equipe na satisfação individual dos estudantes em atividades colaborativas foi atingido ao verificar o melhor desempenho dos estudantes do grupo de teste, com satisfação 20% superior em relação ao grupo de controle.

A formação de equipes de estudo foi tratada como um problema de otimização baseado em regras de balanceamento das equipes quanto aos estilos e papéis dos membros. Para resolver esse problema de otimização, foi criado um algoritmo genético. Ao utilizar as configurações recomendadas pelo AG nas atividades experimentais, obtendo resultados superiores, foi atingido o terceiro objetivo específico que era demonstrar que a formação de equipes pode ser tratada como um problema de otimização que pode ser resolvido usando algoritmos genéticos.

A preocupação inicial com o pequeno número de amostras de equipes devido ao número limitado de licenças do GETSET (a versão para estudantes do questionário de papéis de equipe de Belbin) se agravou pela adesão ainda menor dos estudantes ao estudo. Alguns estudantes não responderam aos dois questionários do perfil; alguns que responderam acabaram abandonando o curso e alguns não responderam ao questionário de satisfação. Mesmo assim surgiram *insights*, tanto imediatos quanto de possibilidades de trabalhos futuros.

5.1 Principais contribuições

Ao demonstrar que estudantes que participaram de atividades colaborativas em equipes balanceadas obtiveram notas melhores e reportaram maior satisfação do que aqueles que atuaram em equipes formadas aleatoriamente, foi validada a hipótese que **estilos de aprendizagem e papéis de equipe são relevantes para o desempenho e satisfação dos estudantes em atividades de estudo colaborativo**.

Neste trabalho foi especificada uma função matemática para medir o balanceamento de uma equipe e, por extensão, de todas as equipes de uma turma. Ao estabelecer tal função como função objetivo otimizável foi possível quantificar o grau de adequação de diferentes soluções e estabelecer a busca por uma solução otimizada comprovando a hipótese que **a formação de equipes pode ser tratada como um problema de otimização que pode ser resolvido utilizando algoritmos genéticos**.

5.2 Trabalhos futuros

A identificação do perfil de estudante é uma atividade fundamental, pois é a partir das preferências individuais que o algoritmo de geração determina os melhores arranjos de equipes. A quantidade de participantes foi uma preocupação constante ao longo desse projeto. Desde o início já havia uma restrição da quantidade de licenças disponíveis do

inventário de papéis de equipe por ser um produto comercial. Na prática, porém, o número de estudantes que se dispôs a responder aos dois questionários não ultrapassou 60% da quantidade disponível. A extensão dos questionários e sua quantidade parece ser algo desestimulante. Em trabalhos futuros, esse deve ser um ponto central. Embora o questionário de Belbin tenha sido escolhido para esse primeiro trabalho por ser conhecido e aceito no mercado de trabalho, seu custo relativamente alto sinaliza que o primeiro passo seja a investigação de alguma alternativa não comercial para fazer uma comparação de desempenho. A utilização de técnicas de reconhecimento de padrões a partir de indicadores de atividades cotidianas, coletados automaticamente nos ambientes virtuais de aprendizagem para compor o perfil também pode ser uma alternativa viável e promissora.

Quanto ao algoritmo genético gerador de equipes vale a pena investigar se um AG multiobjetivo pode trazer ganhos de desempenho ou flexibilidade, principalmente ao avaliar modelos diferentes de perfil de estudante, com a adição de novas informações ou a substituição das atuais por outras.

Com relação ao método, embora comparações do grupo de teste com diferentes grupos de controle estivessem previstas no protocolo inicial, a baixa quantidade de estudantes com perfil completo restringiu a comparação a apenas um grupo de controle com equipes formadas aleatoriamente. Vale a pena a comparação com pelo menos dois outros tipos de grupos de controle: equipes auto-organizadas e equipes desbalanceadas intencionalmente. Equipes auto-organizadas são as escolhidas pelos próprios estudantes por afinidade pessoal, onde pode haver ganhos de satisfação pessoal. Equipes desbalanceadas intencionalmente podem ser completamente desbalanceadas (estilos e papéis) ou parcialmente desbalanceadas (só estilos, só papéis, só alguns estilos, só alguns papéis etc.). Para viabilizar esses testes, é preciso ter um número maior de participantes conhecidos e mais tempo para experimentar atividades com diferentes configurações.

5.3 Contribuições em produção bibliográfica

Como resultado adicional desta dissertação foi gerado um artigo científico submetido ao ICALT 2021 (IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies), intitulado *Getting team equity (balance) by considering the diversity of individual social and cognitive features and skills*.

Referências

- ABDOUN, O.; ABOUCHABAKA, J. A Comparative Study of Adaptive Crossover Operators for Genetic Algorithms to Resolve the Traveling Salesman Problem. v. 31, n. 11, p. 49–57, 2012. Disponível em: <<https://research.ijcaonline.org/volume31/number11/pxc3875587.pdf>>.
- BEJARANO, V. C. et al. Como Formar Equipes com o Equilíbrio Ideal de Personalidades e Perfis Pessoais: a Teoria e as Ferramentas de Meredith Belbin. **XXXIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE 2005)**, p. 1–12, 2005. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/14/artigos/PR-10-54091721915-1117506615484.pdf>>.
- BELBIN, R. M. **Team roles at work**. Oxford: Routledge, 1993.
- _____. **Management teams: Why they succeed or fail**. [S.l.]: Butterworth-Heinemann, 1996.
- _____. **Belbin GETSET**. 2021. Disponível em: <<https://www.belbingetset.com/>>.
- BONEBRIGHT, D. 40 years of storming: a historical review of Tuckman's model of small group development. **Hum. Resour. Dev. Int.**, v. 13, n. 1, p. 111 – 120, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/13678861003589099>>.
- BRASIL. **Lei nº 9.394/96: Lei de Diretrizes e Bases da Educação**. 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm>.
- _____. **Decreto 5.622/05: Regulamenta a educação a distância**. 2005. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/dec_5622.pdf>.
- CHABOT, D.; CHABOT, M. **Pedagogia emocional: sentir para aprender**. [S.l.]: Sá editora, 2015.
- CRUZ, W. M.; ISOTANI, S. Group formation algorithms in collaborative learning contexts: A systematic mapping of the literature. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, v. 8658 LNCS, p. 199–214, 2014. ISSN 16113349. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-10166-8_18>.
- FELDER, R.; SILVERMAN, L. Learning and Teaching Styles In Engineering Education. **Foreign Lang. Ann.**, v. 1, n. January 1988, p. 21–31,

1988. Disponível em: <<https://www.engr.ncsu.edu/wp-content/uploads/drive/1QP6kBI1iQmpQbTXL-08HSl0PwJ5BYnZW/1988-LS-plus-note.pdf>>.
- _____. **Index of Learning Styles Questionnaire**. 1996. Disponível em: <<https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/>>.
- FLORES-PARRA, J. M. et al. Towards Team Formation Using Belbin Role Types and a Social Networks Analysis Approach. **2018 IEEE Technology and Engineering Management Conference, TEMSCON 2018**, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/TEMSCON.2018.8488386>>.
- GOGOULOU, A. et al. Forming homogeneous, heterogeneous and mixed groups of learners. **Proceedings of Workshop on Personalisation in E-Learning Environments at Individual and Group Level Workshop, 11th International Conference on User Modeling**, p. 33–40, 2007. Disponível em: <<http://hermis.di.uoa.gr/peleigl/papers/ggblg-ping2007.pdf>>.
- GOLDBERG, D. **Genetic Algorithm in Search, Optimization, and Machine Learning**. [S.l.]: Addison Wesley, 1989.
- GOLEMAN, D. **Foco: A atenção e seu papel fundamental para o sucesso**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2014. ISBN 978-85-390-0535-2.
- HOLLAND, J. H. et al. **Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence**. [S.l.]: MIT press, 1992.
- HOUAISS, A. **COGNITIVO**. 2021. Disponível em: <<https://houaiss.uol.com.br/corporativo/>>.
- HUFFMAN, K.; VERNON, M.; VERNON, J. **Psychologie en direct**. 2. ed. Montreal: Modulo, 1995.
- J., M. A. P. et al. Genetic algorithms as a tool for structuring collaborative groups. **Natural Computing**, v. 16, n. 2, p. 231–239, jun. 2017. ISSN 1567-7818, 1572-9796. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11047-016-9574-1>>.
- MAQTARY, N.; MOHSEN, A.; BECHKOUM, K. Group Formation Techniques in Computer-Supported Collaborative Learning: A Systematic Literature Review. **Technology, Knowledge and Learning**, v. 24, n. 2, p. 169–190, jun. 2019. ISSN 2211-1662, 2211-1670. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/13678861003589099>>.
- MITCHELL, M. **An introduction to genetic algorithms**. Massachusetts: MIT Press, 1996. v. 32. ISBN 0-262-63185-7.
- MORENO, J.; OVALLE, D. A.; VICARI, R. M. A Genetic Algorithm approach for group formation in collaborative learning considering multiple student characteristics. **Computers and Education**, Elsevier Ltd, v. 58, n. 1, p. 560–569, 2012. ISSN 03601315. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.09.011>>.
- NEWTON, P. M. The learning styles myth is thriving in higher education. **Frontiers in Psychology**, v. 6, n. DEC, p. 1–5, 2015. ISSN 16641078. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01908>>.

NICOLETTI, M.; BALMACEDA, J. M.; SCHIAFFINO, S. Influencia de estilos de aprendizaje y roles de equipo en el aprendizaje colaborativo soportado por computadoras. **SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, n. CBIE, p. 557–566, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.5753/CBIE.SBIE.2013.557>>.

SÁNCHEZ, O. R.; COLLAZOS, C. A.; REDONDO, M. A. Automatic group organization for collaborative learning applying genetic algorithm techniques and the big five model. **Mathematics**, v. 9, n. 13, 2021. ISSN 22277390. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/math9131578>>.

SCHMITT, C. d. S.; DOMINGUES, M. J. C. d. S. Estilos de aprendizagem: um estudo comparativo. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 21, n. 2, p. 361–386, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1414-40772016000200004>>.

SUKSTRIENWONG, A. A genetic-algorithm approach for balancing learning styles and academic attributes in heterogeneous grouping of students. **International Journal of Emerging Technologies in Learning**, v. 12, n. 3, p. 4–25, 2017. ISSN 18630383. Disponível em: <<https://doi.org/10.3991/ijet.v12i03.5803>>.

TUCKMAN, B. Developmental sequence in small groups. **Psychol. Bull.**, v. 63, n. 6, p. 384–399, 1965. ISSN 0033-2909. Disponível em: <<https://doi.org/10.1037/h0022100>>.

TUCKMAN, B.; JENSEN, M. Stages of small-group development revisited. **Gr. Organ. Manag.**, v. 2, n. 4, p. 419–427, 1977. ISSN 1534-5653. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/105960117700200404>>.

VYGOTSKY, L. **Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes**. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

Apêndices

Questionário de estilos de aprendizagem adaptado

1. Eu entendo algo melhor depois que eu
 - a) tento fazer
 - b) penso sobre aquilo
2. Prefiro ser considerado
 - a) realista
 - b) inovador
3. Quando eu penso sobre algo que fiz ontem, é mais provável que eu veja
 - a) uma imagem
 - b) palavras
4. Tenho tendência a
 - a) compreender os detalhes de um assunto, mas ficar confuso quanto à estrutura geral
 - b) compreender a estrutura geral, mas ficar confuso sobre detalhes
5. Quando eu estou aprendendo algo novo, gosto de
 - a) falar sobre aquilo
 - b) pensar naquilo
6. Se eu fosse professor, preferiria ensinar uma matéria
 - a) que lida com fatos e situações da vida real
 - b) que lida com ideias e teorias

7. Eu prefiro obter novas informações por meio de
 - a) mapas, diagramas, gráficos ou fotos
 - b) instruções escritas ou faladas
8. Depois que eu entendo
 - a) todas as peças, eu entendo a coisa toda
 - b) a coisa toda, eu vejo como as peças se encaixam
9. Em um estudo em grupo de uma matéria difícil, é mais provável que eu
 - a) entre e contribua com ideias
 - b) me sente e fique ouvindo
10. Acho mais fácil aprender
 - a) fatos
 - b) conceitos
11. Em um livro com muitas fotos e gráficos, é mais provável que eu
 - a) examine as imagens e gráficos com atenção
 - b) me concentre no texto
12. Quando resolvo problemas de matemática
 - a) eu costumo resolver um passo de cada vez até achar a solução
 - b) muitas vezes eu vejo a solução de cara, mas tenho dificuldade para descobrir os passos para chegar até ela
13. Nas matérias que já fiz
 - a) eu geralmente conheci muitos colegas
 - b) raramente eu cheguei a conhecer muitos colegas
14. Na leitura de não-ficção, eu prefiro
 - a) algo que me ensina novos fatos ou me diz como fazer algo
 - b) algo que me dá novas ideias para pensar
15. Eu gosto de professores que
 - a) colocam um monte de desenhos e diagramas no quadro
 - b) passam muito tempo explicando

16. Quando analiso uma história ou um filme
- a) penso nos acontecimentos e tento colocá-los juntos para descobrir os temas
 - b) só sei quais são os temas quando eu termino a leitura, e então eu tenho que voltar e encontrar os acontecimentos que os confirmam
17. Quando eu começo a lição de casa, sou mais propenso a
- a) começar a trabalhar imediatamente na solução
 - b) primeiro tentar compreender inteiramente o problema
18. Eu prefiro a ideia de
- a) certeza
 - b) teoria
19. Lembro-me melhor
- a) do que eu vejo
 - b) do que eu ouço
20. É mais importante para mim que um professor
- a) apresente a matéria claramente, passo a passo
 - b) me dê uma ideia geral e relacione a matéria com outros assuntos
21. Eu prefiro estudar
- a) em grupo
 - b) sozinho
22. É mais provável que as pessoas me achem
- a) cuidadoso sobre os detalhes do meu trabalho
 - b) criativo sobre como fazer o meu trabalho
23. Quando me ensinam um caminho para um lugar novo, eu prefiro
- a) um mapa
 - b) instruções escritas
24. Eu aprendo
- a) num ritmo bastante regular. Se eu me dedicar, eu aprendo

- b) aos trancos e barrancos. Eu fico totalmente confuso e então, de repente, tudo se encaixa
25. Eu prefiro primeiro
- a) tentar fazer
 - b) pensar em como vou fazer
26. Quando leio por diversão, eu gosto de escritores que
- a) dizem claramente o que pensam
 - b) dizem coisas criativas, de formas interessantes
27. Quando vejo um rascunho ou esboço em classe, é mais provável que eu lembre
- a) das imagens
 - b) do que o professor disse sobre aquilo
28. Ao analisar um conjunto de informações, estou mais propenso a
- a) me concentrar em detalhes e perder o quadro geral
 - b) tentar entender o quadro geral antes de entrar em detalhes
29. Eu lembro mais de algo
- a) que eu fiz
 - b) sobre o qual eu pensei muito
30. Quando eu tenho que executar uma tarefa, eu prefiro
- a) dominar uma maneira de fazê-la
 - b) inventar novas maneiras de fazê-la
31. Quando alguém está me mostrando dados, eu prefiro
- a) gráficos ou diagramas
 - b) resumos escritos
32. Ao escrever um texto, é mais provável que eu
- a) comece no início da página e siga adiante
 - b) escreva diferentes partes e, em seguida, organize tudo
33. Quando eu tenho que trabalhar em grupo, primeiro quero
- a) pegar as ideias de todos do grupo ao mesmo tempo

- b) que cada um anote suas ideias individualmente e então juntamos o grupo para comparar ideias
34. Considero mais honroso chamar alguém de
- a) sensato
 - b) criativo
35. Quando conheço pessoas em uma festa, eu tenho tendência a lembrar
- a) como elas eram
 - b) o que elas disseram sobre si mesmas
36. Quando eu estou aprendendo um novo assunto, prefiro
- a) me concentrar nesse assunto, aprendendo tanto quanto puder
 - b) tentar fazer conexões entre o assunto e outros assuntos relacionados
37. É mais provável que eu seja considerado
- a) desinibido
 - b) sério e reservado
38. Eu prefiro cursos que enfatizam
- a) material concreto (fatos, dados)
 - b) material abstrato (conceitos, teorias)
39. Para me divertir, eu prefiro
- a) ver televisão
 - b) ler um livro
40. Alguns professores iniciam suas aulas com um esboço do que eles vão falar. Esses esboços são
- a) pouco úteis para mim
 - b) muito úteis para mim
41. A ideia de fazer a lição de casa em grupo, com a mesma nota para o grupo todo
- a) me atrai
 - b) não me agrada
42. Quando eu estou fazendo cálculos longos

- a) repito todos os meus passos e verifico cuidadosamente o meu trabalho
- b) acho cansativo conferir meu trabalho e tenho que me forçar para fazê-lo

43. Eu costumo me lembrar de lugares onde estive

- a) facilmente e com bastante precisão
- b) com dificuldade e sem muitos detalhes

44. Resolvendo problemas em grupo, eu provavelmente penso em

- a) como encontrar os passos para a solução
- b) possíveis consequências ou aplicações da solução em várias áreas

Questionário de satisfação

1. Geralmente você gosta de estudar em grupo?
 - a) Sempre
 - b) Às vezes
 - c) Nunca

2. Do que depende você gostar de estudar em grupo?
(Você pode escolher mais de um item)
 - a) Da matéria
Ex: Exatas - Humanas - Biológicas - Esportivas
 - b) Do assunto
 - c) Do tipo de trabalho
Ex: Pesquisa/Execução - Prática/Teoria – Dinâmica de grupo
 - d) Do tamanho do grupo
Ex: Pequenos (Até 3) – Médios (4 a 6) – Grandes (7 ou mais)
 - e) Das pessoas do grupo
Ex: Pessoas que conheço/Novos colegas
 - f) Do dia
 - g) Do local
Ex: na escola - fora da escola
 - h) Do valor do trabalho
Ex: Muitos pontos - Poucos pontos
 - i) Da nota que eu preciso
Ex: Muitos pontos - Poucos pontos - Não preciso

3. O que você achou do trabalho?

- a) Muito legal
- b) Interessante
- c) Normal
- d) Sem graça
- e) Chato

4. Como você classifica o grau de dificuldade do trabalho?

- a) Muito fácil
- b) Fácil
- c) Normal
- d) Difícil
- e) Muito difícil

5. Quanto você já sabia sobre o assunto?

- a) Muito
- b) Alguma coisa
- c) Quase nada
- d) Nada

6. Que nota você acha que o grupo como um todo merece?

- a) 90 a 100%
- b) 75 a 90%
- c) 60 a 75%
- d) 40 a 60%
- e) 0 a 40%

7. Pelo seu esforço e contribuições pessoais que nota você acha que merece?

- a) 90 a 100%
- b) 75 a 90%
- c) 60 a 75%
- d) 40 a 60%
- e) 0 a 40%

8. Você gostou de estudar neste grupo?
 - a) Gostei muito
 - b) Gostei
 - c) Não fez diferença
 - d) Não gostei
 - e) Detestei
9. Por quê?
(Justifique a resposta anterior)
10. Com quem você gostou de estudar neste grupo?
(Primeiro os que você mais gostou)
11. Com quem você não gostou de estudar neste grupo?
(Primeiro os que você menos gostou)
12. De 1 a 10, o quanto você gostou de participar desta pesquisa?
13. Comentários e Sugestões:

Anexos

Index of Learning Styles - ILS

Em 1991 Richard Felder e Barbara Soloman criaram e refinaram um questionário chamado *Index of Learning Styles*. Em 1996 o ILS foi disponibilizado na WWW e desde então é acessado por cerca de 1 milhão de estudantes por ano segundo a *North Carolina State University*. O perfil de estilos de aprendizagem é mensurado em 4 escalas por meio de 44 questões do tipo A-B. Criado em inglês, o ILS foi traduzido para português em tradução livre pelo autor deste trabalho, buscando uma linguagem compatível com a realidade brasileira e com a idade dos estudantes alvo desta pesquisa.

Até junho de 2021 o ILS permanece gratuito e pode ser acessado pelo endereço <<https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles>>

Questões originais em inglês

1. I understand something better after I
 - a) try it out.
 - b) think it through.
2. I would rather be considered
 - a) realistic.
 - b) innovative.
3. When I think about what I did yesterday, I am most likely to get
 - a) a picture. <https://www.overleaf.com/project/5ca55ee12e62b174307f3b1d>
 - b) words.
4. I tend to
 - a) understand details of a subject but may be fuzzy about its overall structure.
 - b) understand the overall structure but may be fuzzy about details.

5. When I am learning something new, it helps me to
 - a) talk about it.
 - b) think about it.
6. If I were a teacher, I would rather teach a course
 - a) that deals with facts and real life situations.
 - b) that deals with ideas and theories.
7. I prefer to get new information in
 - a) pictures, diagrams, graphs, or maps.
 - b) written directions or verbal information.
8. Once I understand
 - a) all the parts, I understand the whole thing.
 - b) the whole thing, I see how the parts fit.
9. In a study group working on difficult material, I am more likely to
 - a) jump in and contribute ideas.
 - b) sit back and listen.
10. I find it easier
 - a) to learn facts.
 - b) to learn concepts.
11. In a book with lots of pictures and charts, I am likely to
 - a) look over the pictures and charts carefully.
 - b) focus on the written text.
12. When I solve math problems
 - a) I usually work my way to the solutions one step at a time.
 - b) I often just see the solutions but then have to struggle to figure out the steps to get to them.
13. In classes I have taken
 - a) I have usually gotten to know many of the students.
 - b) I have rarely gotten to know many of the students.

14. In reading nonfiction, I prefer

- a) something that teaches me new facts or tells me how to do something.
- b) something that gives me new ideas to think about.

15. I like teachers

- a) who put a lot of diagrams on the board.
- b) who spend a lot of time explaining.

16. When I'm analyzing a story or a novel

- a) I think of the incidents and try to put them together to figure out the themes.
- b) I just know what the themes are when I finish reading and then I have to go back and find the incidents that demonstrate them.

17. When I start a homework problem, I am more likely to

- a) start working on the solution immediately.
- b) try to fully understand the problem first.

18. I prefer the idea of

- a) certainty.
- b) theory.

19. I remember best

- a) what I see.
- b) what I hear.

20. It is more important to me that an instructor

- a) lay out the material in clear sequential steps.
- b) give me an overall picture and relate the material to other subjects.

21. I prefer to study

- a) in a study group.
- b) alone.

22. I am more likely to be considered

- a) careful about the details of my work.
- b) creative about how to do my work.

23. When I get directions to a new place, I prefer
- a) a map.
 - b) written instructions.
24. I learn
- a) at a fairly regular pace. If I study hard, I'll "get it."
 - b) in fits and starts. I'll be totally confused and then suddenly it all "clicks."
25. I would rather first
- a) try things out.
 - b) think about how I'm going to do it.
26. When I am reading for enjoyment, I like writers to
- a) clearly say what they mean.
 - b) say things in creative, interesting ways.
27. When I see a diagram or sketch in class, I am most likely to remember
- a) the picture.
 - b) what the instructor said about it.
28. When considering a body of information, I am more likely to
- a) focus on details and miss the big picture.
 - b) try to understand the big picture before getting into the details.
29. I more easily remember
- a) something I have done.
 - b) something I have thought a lot about.
30. When I have to perform a task, I prefer to
- a) master one way of doing it.
 - b) come up with new ways of doing it.
31. When someone is showing me data, I prefer
- a) charts or graphs.
 - b) text summarizing the results.
32. When writing a paper, I am more likely to

- a) work on (think about or write) the beginning of the paper and progress forward.
 - b) work on (think about or write) different parts of the paper and then order them.
33. When I have to work on a group project, I first want to
- a) have “group brainstorming” where everyone contributes ideas.
 - b) brainstorm individually and then come together as a group to compare ideas.
34. I consider it higher praise to call someone
- a) sensible.
 - b) imaginative.
35. When I meet people at a party, I am more likely to remember
- a) what they looked like.
 - b) what they said about themselves.
36. When I am learning a new subject, I prefer to
- a) stay focused on that subject, learning as much about it as I can.
 - b) try to make connections between that subject and related subjects.
37. I am more likely to be considered
- a) outgoing.
 - b) reserved.
38. I prefer courses that emphasize
- a) concrete material (facts, data).
 - b) abstract material (concepts, theories).
39. For entertainment, I would rather
- a) watch television.
 - b) read a book.
40. Some teachers start their lectures with an outline of what they will cover. Such outlines are
- a) somewhat helpful to me.
 - b) very helpful to me.

41. The idea of doing homework in groups, with one grade for the entire group,
- a) appeals to me.
 - b) does not appeal to me.
42. When I am doing long calculations,
- a) I tend to repeat all my steps and check my work carefully.
 - b) I find checking my work tiresome and have to force myself to do it.
43. I tend to picture places I have been
- a) easily and fairly accurately.
 - b) with difficulty and without much detail.
44. When solving problems in a group, I would be more likely to
- a) think of the steps in the solution process.
 - b) think of possible consequences or applications of the solution in a wide range of areas.

Belbin GetSet Assessment

O GETSET é um produto comercial da Belbin Associates destinado a estudantes. Mais detalhes podem ser obtidos acessando o endereço <https://www.belbingetset.com/>.

A Figura 17 apresenta um exemplo de uma questão do SPI, retirada de uma peça de divulgação da empresa.

BELBIN®

Self-Perception Inventory (SPI) Step 2 of 11

Section 1

I believe I can make positive contributions to a team because:

I am quick to see and take advantage of new opportunities.	
I am seen as a natural team player.	2
I am happy to take on varied work as and when the team requires.	
I can think laterally to solve problems.	3
I am good at identifying and using the potential in fellow team members.	2
I am keen to improve things by focusing on the details.	
I am enthusiastic about applying my training and expertise.	
I am ready to speak out in the interests of making things happen.	2
I ensure that my work is delivered on time.	
I can offer reasoned and balanced judgements of different courses of action.	
Total	10

← Previous Next →

BELBIN®

Figura 17 – Exemplo de questão do SPI

Nas páginas seguintes é apresentado um relatório de exemplo gerado pelo GETSET.



REPORT FOR

Sam Sample

Example University
Engineering



BELBIN®

Belbin is a way to talk about how people behave.

Over many years, Dr Meredith Belbin closely studied people at work. From his research, he discovered 9 key behaviours: that's 9 different ways of working and contributing to a team or organisation. He called them Team Roles. Each one has plus points (the strengths) and minus points (the allowable weaknesses). It is usual to have both the strength and the allowable weakness for a particular role.



PLANT

Strengths: Creative, imaginative and original. Solves difficult problems.

Allowable weaknesses: Can ignore other considerations and be too busy with new ideas to communicate effectively.



RESOURCE INVESTIGATOR

Strengths: Enthusiastic and communicative. Explores opportunities and enjoys meeting new people.

Allowable weaknesses: Can be over-optimistic, then lose interest once initial enthusiasm has passed.



CO-ORDINATOR

Strengths: Mature and confident. Aware of priorities. Encourages others.

Allowable weaknesses: Can ask others to do things that they should do themselves.



TEAMWORKER

Strengths: Works well with others, is perceptive and diplomatic. Listens well and avoids friction.

Allowable weaknesses: Can be indecisive in important situations.



MONITOR EVALUATOR

Strengths: Weighs and balances all options without emotion. Judges accurately.

Allowable weaknesses: Can lack drive and ability to inspire others.



SHAPER

Strengths: Competitive, enjoys working under pressure. Motivated to overcome difficulties.

Allowable weaknesses: Can be impatient and offend other people.



IMPLEMENTER

Strengths: Efficient and likes structured working. Turns ideas into practical actions.

Allowable weaknesses: Doesn't like change and can be inflexible.



COMPLETER FINISHER

Strengths: Searches out and corrects mistakes. Ensures work is done to a high standard and points out omissions.

Allowable weaknesses: Inclined to worry and become anxious. Doesn't like to share work with others.



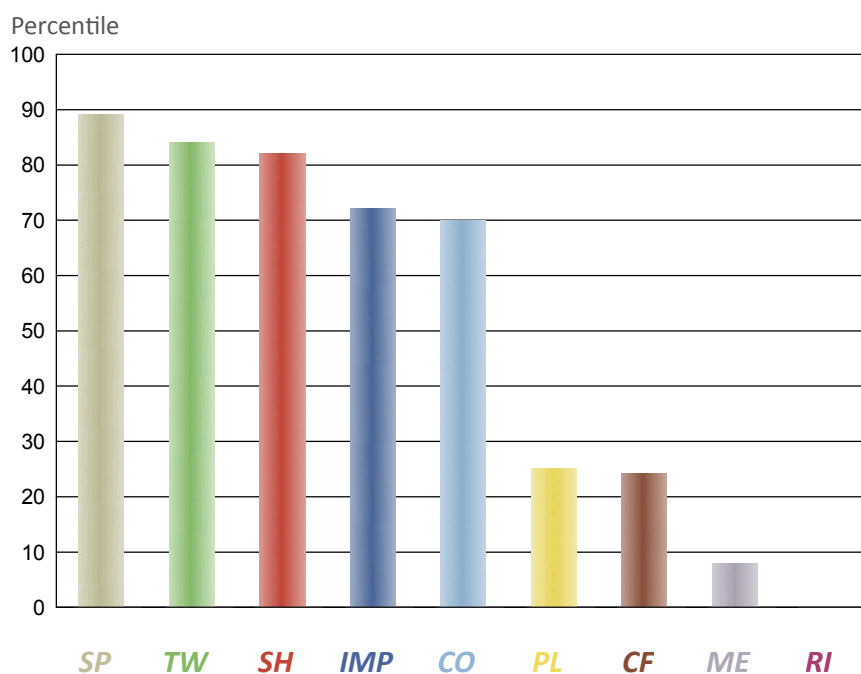
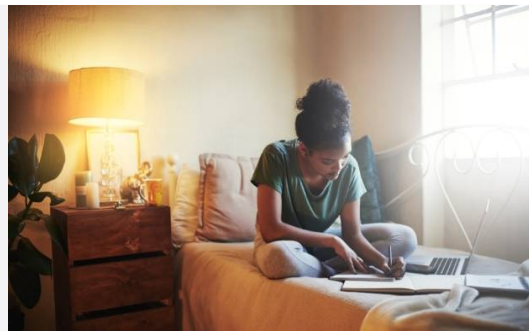
SPECIALIST

Strengths: Dedicated to a particular subject. Provides knowledge and skills that others do not possess.

Allowable weaknesses: Contributes only on a narrow front. Dwells on technicalities.

These are the Team Roles you said you preferred from highest to lowest.

You may not have a score for every role – that's ok.



Key



SP Specialist



IMP Implementer



CF Completer Finisher



TW Teamworker



CO Co-ordinator



ME Monitor Evaluator



SH Shaper



PL Plant



RI Resource Investigator

What does this mean?

Sam - you see yourself primarily as a Specialist and a Teamworker. Specialists are the kind of people who like to build up their knowledge in a particular direction or subject. They stay focused and have a thirst for learning. In due course, the Specialist is the kind of person who becomes an expert in a particular area of interest. Teamworkers care about others. Accordingly, they are generally both liked and popular amongst their colleagues. They adapt and will do what is required. They support and fit in. They are versatile. This combination of top two Team Roles suggests someone willing to learn, fit into a team and work with others. All these qualities are much appreciated by managers employing new recruits.



SP



TW



How do you think you can best show your strengths?

Now you understand your Team Role strengths, here's how you can make the most of them.

A bit more detail about what you do best

You're likely to do well in situations where you can progress with study and gain experience in an area which involves helping and supporting other people.

Let others know that you like using your knowledge to help others. Look for ways of building up your reputation, so that you can build confidence in your chosen subject. This might be through training or by shadowing someone who works in that area.

You might feel less comfortable in a position where you're asked to take on broad responsibilities and make decisions under pressure, as this is likely to cause you a lot of stress and worry.

Another plus point

You also appear to be someone who can challenge others around you to reach goals and get things done. Make efforts to be honest with other people and give them the energy to get things done, without hurting their feelings.

Something to bear in mind

At the moment, you don't seem to be someone who gets out and about to meet new people and find out what's possible. It's important to keep in touch with someone who is good at doing that, so you don't miss out on what is happening elsewhere.

Learning Style

You like to work in pairs or small groups to learn as much as you can about a particular subject, so you may enjoy joint project work. You might be shy if you are asked to speak about what you have learned in front of a large group of people.



Here are your top four Team Roles and the working styles associated with each combination.

When you are in an interview, you can use these phrases to talk about how you like to work best.



Team Roles

Work Style

1



SP

2



TW

3



SH

4



IMP

"I enjoy sharing my knowledge to help others."



SP



TW



SH



IMP

"My determination and self-reliance are my strengths."



SP



TW



SH



IMP

"I enjoy applying my knowledge and understanding into plans and processes."



SP



TW



SH



IMP

"I like to find win-win solutions when agreeing goals with others."

Key



SP Specialist



IMP Implementer



CF Completer Finisher



TW Teamworker



CO Co-ordinator



ME Monitor Evaluator



SH Shaper



PL Plant



RI Resource Investigator

Show off your strengths

- Talk about times when you've been able to use your specific knowledge of a subject to inform or advise others.
- Make sure you show that you're someone who loves learning and that you are ready to share and use what you've learned.

You might want to give this some thought

- You might be asked about your approach to finding out information. You're most likely to do this by learning and studying alone, but can you think of times when you've got information by talking to others and finding out about their ideas?



Describe your strengths and weaknesses and think about how you could use this information at an interview.



Using everything you have learned about your Belbin Team Roles, write a brief personal summary that you could use as part of an application.