



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

André Luis Capela de Amorim

**APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO APLICADO À MODELAGEM MATEMÁTICA DE
RATINGS DE CRÉDITO**

Recife
2025

André Luis Capela de Amorim

**APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO
APLICADO À MODELAGEM MATEMÁTICA DE
RATINGS DE CRÉDITO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador (a): Eduarda Asfora Frej

Recife
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Amorim, André Luis Capela de.

Apoio à decisão multicritério aplicado à modelagem matemática de ratings
de crédito / André Luis Capela de Amorim. - Recife, 2025.

49 p. : il., tab.

Orientador(a): Eduarda Asfora Frej

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia de Produção -
Bacharelado, 2025.

Inclui referências.

1. FITradeoff. 2. rating de crédito. 3. decisão multicritério. 4. modelagem
matemática. 5. risco de crédito. I. Frej, Eduarda Asfora. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

André Luis Capela de Amorim

**APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO APLICADO À MODELAGEM
MATEMÁTICA DE RATINGS DE CRÉDITO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em: 03/04/2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Eduarda Asfora Frej (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Danielle Costa Morais (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Anderson Lucas Carneiro de Lima da Silva (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Ao longo desta jornada acadêmica, contei com o apoio de pessoas incríveis, sem as quais este trabalho não teria sido possível.

Aos meus pais, Domingos e Livia, que sempre foram minha maior inspiração. Pelo amor incondicional, pelo exemplo de integridade e dedicação, e pelo incentivo constante para que eu seguisse em frente e fizesse as melhores escolhas, mesmo nos momentos de maior indecisão, a exemplo da mudança de curso. Tudo o que conquistei até aqui é, em grande parte, reflexo dos valores que me ensinaram.

Ao meu irmão, João, que não só esteve ao meu lado como também teve a paciência de suportar minhas tentativas de ensiná-lo. Seu apoio fez a diferença e suas correções ortográficas são sempre bem-vindas.

À minha namorada, Bruna, que, além de me apoiar, também teve que lidar com meus estresses, ouvir minhas preocupações e me mandar dormir quando eu insistia em fazer o TCC até tarde. Sua companhia e incentivo tornaram este caminho mais leve.

A todos os meus familiares e amigos, que sempre estiveram presentes de alguma forma e sempre acreditaram no meu potencial. Cada gesto de incentivo e compreensão foi essencial para que eu chegasse até aqui.

Aos professores da UFPE, que contribuíram imensamente para minha formação, compartilhando conhecimento e me desafiando a pensar criticamente. Em especial, à minha orientadora, Eduarda, por sua presteza, agilidade e atenção, além das valiosas correções e sugestões que enriqueceram este trabalho.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa trajetória, meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

A avaliação de risco de crédito é um processo essencial para instituições financeiras e investidores, pois permite estimar a capacidade de pagamento de empresas e definir condições adequadas para concessão de crédito. No entanto, as abordagens tradicionais de classificação de crédito muitas vezes dependem exclusivamente de indicadores financeiros e da experiência subjetiva dos analistas, o que pode levar a inconsistências e a decisões enviesadas. Neste contexto, este estudo propõe a aplicação do método de apoio à decisão multicritério FITradeoff na modelagem matemática de ratings de crédito, buscando maior rigor analítico e flexibilidade na avaliação dos fatores que impactam a solvência das empresas. O FITradeoff se destaca por permitir a elicitación interativa e flexível das preferências do decisor, reduzindo a carga cognitiva e possibilitando uma avaliação das constantes de escala mais estruturada para os critérios utilizados na classificação. A pesquisa apresenta uma aplicação prática do método, analisando um conjunto de empresas do mercado financeiro brasileiro como apoio. Os achados indicam que a abordagem multicritério pode melhorar a precisão dos ratings, mesmo sem complexidade tão alta, tornando-os mais alinhados com as reais necessidades dos credores e investidores. Além de contribuir para a melhoria na estruturação e redução de vieses na atribuição de ratings, esta pesquisa sugere uma alternativa metodológica que pode ser utilizada por bancos, gestoras de investimento e demais agentes do mercado financeiro. A abordagem desenvolvida também pode ser adaptada para diferentes setores e aprimorada com a incorporação de novos critérios econômicos e financeiros, ampliando sua aplicabilidade e relevância no processo de avaliação de risco de crédito.

Palavras-chave: FITradeoff; rating de crédito; decisão multicritério; modelagem matemática, risco de crédito.

ABSTRACT

The judgment of credit risk is an essential process for financial institutions and investors, as it allows for estimating companies' payment capacity and defining appropriate conditions for credit granting. However, traditional credit rating approaches often rely exclusively on financial indicators and the subjective experience of analysts, which can lead to inconsistencies and biased decisions. In this context, this study proposes the application of the FITradeoff multi-criteria decision support method in the mathematical modeling of credit ratings, aiming for greater analytical rigor and flexibility in evaluating the factors that impact companies' solvency. FITradeoff stands out by enabling an interactive and flexible elicitation of the decision-maker's preferences, reducing cognitive load and allowing for a more structured evaluation of scale constants for the criteria used in classification. The research presents a practical application of the method, analyzing a set of companies from the Brazilian financial market as a case study. The findings indicate that the multi-criteria approach can improve rating accuracy without excessive complexity, making them more aligned with the actual needs of creditors and investors. In addition to contributing to the improvement of structuration and reduction of biases in rating assignments, this research suggests a methodological alternative that can be used by banks, investment managers, and other financial market agents. The developed approach can also be adapted for different sectors and enhanced by incorporating new economic and financial criteria, expanding its applicability and relevance in the credit risk assessment process.

Keywords: FITradeoff; credit rating; multi-criteria decision; mathematical modeling, credit risk.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Escolha do tipo de problema	35
Figura 2 –	Avaliação Intracritério	35
Figura 3 –	Ranking dos critérios	36
Figura 4 –	Elicitação por decomposição	37
Figura 5 –	Ranking das alternativas	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Descrição dos critérios	31
Tabela 2 –	Alternativas	32
Tabela 3 –	Matriz de consequências	33
Tabela 4 –	Matriz de consequências com escala construída	33
Tabela 5 –	Ordem de preferência dos critérios	36
Tabela 6 –	Constantes de escala	38
Tabela 7 –	Ratings	39
Tabela 8 –	Matriz de consequências normalizada	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
1.1	Justificativa	10
1.2	Objetivos do Trabalho	12
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	12
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	12
1.3	Metodologia	12
1.4	Organização do Trabalho	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Fundamentação teórica	16
2.1.1	<i>Economia e Engenharia Econômica e Financeira</i>	16
2.1.2	<i>Apoio à Decisão Multicritério</i>	17
2.1.3	<i>Método FITradeoff</i>	20
2.2	Revisão da literatura	23
2.2.1	<i>Avaliação de ratings de crédito</i>	24
2.2.2	<i>Aplicação do FITradeoff</i>	26
2.3	Síntese do estado da arte e posicionamento deste trabalho	28
3	CONTEXTO E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	29
3.1	Contexto do problema	29
3.2	Descrição do problema	30
4	APLICAÇÃO DO FITRADEOFF	35
4.1	Aplicação no SAD do FITradeoff	35
4.2	Cálculo dos Ratings	39
4.3	Discussão dos resultados	41
5	CONCLUSÕES	44
5.1	Limitações deste trabalho e potenciais melhorias	44
5.2	Relação com a Engenharia de Produção	45
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Banco Central do Brasil, em seu site oficial (<https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/sfn>), “o Sistema Financeiro Nacional (SFN) é formado por um conjunto de entidades e instituições que promovem a intermediação financeira, isto é, o encontro entre credores e tomadores de recursos. É por meio do sistema financeiro que as pessoas, as empresas e o governo circulam a maior parte dos seus ativos, pagam suas dívidas e realizam seus investimentos”. O principal ramo do SFN, por sua vez, ainda de acordo com a autarquia, lida com quatro tipos de mercado:

- Mercado monetário: é o que fornece à economia o papel moeda e a moeda escritural;
- Mercado de crédito: o que fornece recursos às pessoas e empresas;
- Mercado de capitais: o que permite às empresas captar recursos de terceiros dividindo riscos e ganhos
- Mercado de câmbio: compra e vendas de moedas.

Esses mercados também são conhecidos, em conjunto, como mercado financeiro. Greenwood e Smith (1997) argumentam que os mercados financeiros desempenham um papel crucial na alocação eficiente de recursos, direcionando capital para os investimentos mais produtivos e reduzindo riscos através da diversificação. Os autores reforçam que os mercados financeiros não apenas refletem o desenvolvimento econômico, mas também desempenham um papel ativo na aceleração do crescimento. A história econômica mostra que países com mercados financeiros mais eficientes tendem a crescer mais rapidamente, pois conseguem canalizar melhor os recursos para setores produtivos e fomentar a inovação.

Mais especificamente no mercado de crédito, é de suma importância uma metodologia eficaz de classificação das empresas que deve ser capaz de absorver a complexidade das operações financeiras modernas e refletir com precisão a capacidade de pagamento dos tomadores de crédito. Diversas decisões de empréstimos e investimentos são fundamentadas com base na nota de crédito da empresa e, ainda, na confiabilidade de que essas notas refletem a realidade. Um mercado que tenha notas que correspondem à realidade incentiva os devedores a adotarem boas práticas, bem como passa por menos intercorrências de inadimplência, medindo de forma mais acertada o binômio risco e retorno e gerando maior eficiência. Dessa maneira, tal mercado torna-se mais confiável, tornando o fluxo daqueles que tem dinheiro e querem rentabilizá-lo para os que precisam dele mais bem feito e elevando as perspectivas de geração de empregos, geração de riqueza e

crescimento do país.

Mas as grandes empresas não são as únicas que se envolvem nesse cenário. A título de exemplo, diversos investidores comuns investem seus recursos em fundos imobiliários, alguns dos quais fazem investimento em títulos de crédito. A boa gestão de seu capital é de suma importância para que as pessoas físicas que investem não percam seu dinheiro, além de atrair cada vez mais delas, expandindo ainda mais o mercado e gerando um ciclo virtuoso que acarreta o aumento de riqueza da sociedade. Boas práticas, então, são fundamentais para uma boa gestão de capital, e nisso está presente a metodologia de cálculo de ratings.

Nesse cenário, torna-se fundamental adotar abordagens analíticas que combinem rigor técnico e flexibilidade na avaliação de múltiplos fatores. Além dos indicadores financeiros tradicionais, aspectos como a estrutura do setor, a governança corporativa e a conjuntura econômica podem ter impacto significativo no risco de crédito. Métodos avançados de apoio à decisão permitem integrar esses elementos de forma estruturada, fornecendo uma avaliação mais equilibrada e confiável, essencial para a solidez do mercado e a proteção dos investidores.

Os métodos de apoio à decisão multicritério, portanto, surgem como ferramentas promissoras para aprimorar a análise de crédito, permitindo considerar simultaneamente diferentes variáveis financeiras e não financeiras. A flexibilidade dessas abordagens possibilita um processo de avaliação mais detalhado e adaptável, aumentando a estruturação e tornando os ratings mais alinhados com a realidade econômica das empresas avaliadas. Assim, ao explorar tais métodos, este trabalho busca contribuir para a melhoria do processo de classificação de crédito, fortalecendo a confiabilidade do mercado e incentivando práticas mais sustentáveis de financiamento e investimento.

1.1 Justificativa

A avaliação de crédito é um processo complexo que envolve múltiplas variáveis financeiras e não financeiras, cada uma com diferentes pesos e impactos na classificação final. Segundo Altman (2010), a metodologia tradicional de risco de crédito para grandes empresas se baseia majoritariamente em duas abordagens: o Z-Score, que usa dados históricos para prever insolvência e modelos que usam dados do mercado de valores mobiliários. Eles são complexos e dependem de uma quantidade de informação abundante. Ademais, ainda segundo o autor, pequenas e médias empresas não possuem ratings por não terem informações disponíveis ou por

serem inconsistentes. Tal fator é especialmente prejudicial aos investidores – que perdem possíveis oportunidades de investimentos por não estarem seguros da metrificação do risco dessas empresas – e às empresas de menor porte, que deixam de ter acesso ao mercado de capitais pela dificuldade de encontrar credores.

Tversky e Kahneman (1974) falaram sobre os vieses cognitivos e como eles influenciam as decisões, potencialmente levando a erros. Métodos tradicionais em gestoras, onde as pessoas envolvidas dão pesos muito baseados na sua experiência, mas sem apoio de métodos que mitiguem vieses e realmente representem os aspectos mais fundamentais, podem ser inconsistentes. Isso ocorre porque heurísticas cognitivas, como o viés da ancoragem e o viés da representatividade, podem distorcer a percepção dos tomadores de decisão, fazendo com que determinados critérios sejam superestimados ou subestimados sem uma base quantitativa adequada.

A abordagem multicritério se destaca nesse contexto porque permite integrar diversas dimensões da análise de crédito de forma estruturada e transparente. Métodos de apoio à decisão multicritério (MCDA) oferecem um arcabouço robusto para integrar diferentes dimensões da análise de crédito, permitindo diferentes critérios possam ser considerados simultaneamente, respeitando as particularidades de cada caso e evitando decisões enviesadas. Essa abordagem reduz erros no processo e melhora a comparabilidade entre diferentes tomadores de crédito, ao ser possível estabelecer notas para cada um deles.

Montibeller e von Winterfeldt (2015) discutem como vieses cognitivos afetam a tomada de decisão e como técnicas estruturadas podem ajudar a mitigar esses efeitos ao fornecer um processo mais racional e transparente. Nesse contexto, métodos multicritério possibilitam a adaptação a diferentes cenários e necessidades específicas das instituições financeiras, permitindo a personalização dos pesos atribuídos aos critérios de acordo com a política de risco adotada. Isso melhora a robustez das avaliações e facilita a comparação entre diferentes tomadores de crédito, tornando o processo mais eficiente e confiável. A flexibilidade do FITradeoff, método utilizado neste trabalho, permite a incorporação de novas variáveis conforme o ambiente econômico evolui, garantindo que as avaliações permaneçam atualizadas e alinhadas com as mudanças do mercado.

Há também o benefício da simplicidade, de forma que um investidor comum, sem muitos recursos para pesquisas mais aprofundadas, consegue, com acesso à ferramenta utilizada neste trabalho, replicar a metodologia e chegar em uma nota. Isso, claro, depende de conhecimento aprofundado em finanças e conhecimento da

ferramenta, mas o fato é que o que antes seria inacessível agora torna-se possível.

Por essas razões, a utilização de um método de apoio à decisão multicritério no cálculo de ratings de crédito, em particular do FITradeoff, contribui para uma análise mais equilibrada e fundamentada, reduzindo riscos, aumentando a precisão na classificação de crédito e viabilizando análises por investidores comuns.

1.2 Objetivos do trabalho

O trabalho possui um objetivo claro e fundamental, classificado como o objetivo geral, mas também outros objetivos preliminares que ajudarão a chegar no objetivo principal. Ambos são destacados nos tópicos a seguir.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho é propor um novo método que permita calcular ratings de crédito através do uso do FITradeoff, método de apoio multicritério à decisão.

1.2.2 Objetivos específicos

Para isso, entretanto há alguns outros objetivos que são necessários para o sucesso, que são os objetivos específicos, a saber:

- Compreender os aspectos que importam nos ratings através da revisão da literatura para fornecer apoio ao objetivo principal;
- Mapear os critérios a serem utilizados para avaliar as empresas;
- Efetuar elicitação de preferências com um decisor a fim de obter ranges de valores para os pesos dos critérios mapeados;
- Chegar a uma fórmula matemática para calcular o rating e que represente todos os aspectos relevantes dentro da modelagem, a exemplo dos dois objetivos citados anteriormente;

Com esses objetivos alcançados, o objetivo principal citado anteriormente fluirá com naturalidade através do uso do método de apoio à decisão multicritério.

1.3 Metodologia

Segundo Marconi e Lakatos (2003), a indução é um processo mental do qual se parte de dados particulares para chegar a uma conclusão geral. Já a dedução parte do geral e vai até o particular, ou seja, permite tirar conclusões das partes ao saber do todo. No caso desta pesquisa, busca-se aplicar um método de apoio à decisão ao caso específico das notas de crédito. Dessa forma, parte-se do geral (o método de

apoio à decisão) e se busca o particular (a aplicação aos ratings de crédito), de maneira que utiliza-se o método dedutivo.

A pesquisa, quanto à finalidade, pode ser caracterizada como aplicada, já que segundo Gil (2002) uma pesquisa aplicada tem como objetivo a utilização prática do conhecimento proveniente dela, o que é feito na presente pesquisa, que tem como intuito a aplicação, na área de crédito, dos conhecimentos nela gerados para classificações de rating feitas de forma diferente do que hoje é praticado no meio. De acordo com Gil (2002), uma pesquisa exploratória tem como propósito trazer maior familiaridade ao problema, tornando-o mais explícito. Já as explicativas são as que têm como objetivo encontrar os fatores que ajudam a explicar um fenômeno. Dessa maneira, quanto ao objetivo, a pesquisa em questão pode ser definida tanto como exploratória quanto explicativa. Como exploratória porque a modelagem matemática de ratings de crédito é amplamente usada, mas também explicativa pois há uma carência de conhecimento quanto à utilização de métodos de apoio à decisão multicritério no problema, de forma que a presente pesquisa busca sanar, ou ao menos mitigar, essa carência. Segundo Cauchick (2012), há na análise quantitativa uma importância enorme da mensurabilidade, de forma que um conjunto de variáveis mensuráveis precisa ser bem definido a fim de se testar hipóteses. Já na análise qualitativa, segundo o mesmo autor, há maior grau de subjetividade. Assim, pode-se definir a pesquisa, quanto à natureza, como combinada, pois nela busca-se tanto mensurabilidade (aspecto quantitativo), no sentido de definir variáveis, dar notas a elas e definir seus pesos, quanto um foco nos processos do objeto de estudo (aspecto qualitativo), dado que um dos grandes objetivos é chegar nas notas de crédito por meio de um processo diferente do que é usado pelo setor atualmente. De acordo com Marconi e Lakatos (2003), um modelo é uma representação de uma situação ou realidade. Dado que o grande foco da pesquisa em questão é encontrar um modelo que represente bem uma nota de crédito de empresas, a pesquisa pode ser designada, quanto aos dados, como uma modelagem, sendo o grande objetivo final dele o uso de técnicas matemáticas para descrição do problema de ratings.

De acordo com Marconi e Lakatos (2003), a técnica é o conjunto de processos de que se serve uma arte. A documentação indireta, uma das técnicas de uma pesquisa, ainda segundo o autor, é o levantamento de dados de variadas fontes, que se enquadra exatamente como a técnica deste trabalho. Ela é feita, neste trabalho, tanto por pesquisa documental (ou de fontes primárias) - como na busca de dados em fontes estatísticas e em documentos públicos divulgados por empresas eventualmente analisadas -, quanto por meio de pesquisa bibliográfica (fontes secundárias), com o objetivo de buscar informações acerca do campo de pesquisa e métodos utilizados

atualmente. A pesquisa documental justifica-se para o cálculo propriamente dito dos ratings e estudos de solvência financeira das empresas, que serão usados na pesquisa como forma de exemplificar o método desenvolvido. Já a pesquisa bibliográfica justifica-se por dar os meios e ferramentas usadas atualmente a fim de apresentar uma revisão de literatura e melhoria do que é feito, bem como uso das partes boas para complemento do estudo.

1.4 Organização do trabalho

Para uma melhor compreensão do tema e do desenvolvimento da pesquisa, este trabalho está estruturado em seis capítulos de forma a apresentar, de maneira lógica e sequencial, os conceitos, métodos e análises envolvidos. A organização adotada busca conduzir o leitor desde uma contextualização do problema até a aplicação prática do método, garantindo uma visão clara e coerente do estudo.

O primeiro capítulo é a introdução, que apresenta o contexto e a motivação do estudo, destacando a relevância do tema e a necessidade de um método estruturado para a avaliação de ratings de crédito. Também são delineados os principais objetivos, a abordagem metodológica e esta seção de organização do trabalho.

No segundo capítulo, são tratados o referencial teórico e a revisão bibliográfica, expondo com clareza os conceitos teóricos fundamentais para a pesquisa, além de revisar estudos anteriores sobre o tema, situando o trabalho no contexto acadêmico e prático. No tópico da fundamentação teórica, são apresentados conceitos importantes de Engenharia Econômica e Financeira, que fornecem uma base sólida para o problema que será resolvido com o auxílio do modelo. No de Apoio à Decisão Multicritério, busca-se a compreensão geral acerca do tema para que depois se possa melhor compreender o método de fato utilizado, o FITradeoff. Posteriormente, na revisão da literatura, são analisados estudos relevantes tanto em Engenharia Econômica e Financeira quanto aplicações dos métodos multicritério, fornecendo um panorama do conhecimento existente.

No terceiro capítulo, são apresentados o cenário e as características do problema em estudo, contextualizando a necessidade de uma abordagem estruturada para a avaliação de ratings de crédito.

No quarto capítulo, ocorre a aplicação de fato do método FITradeoff, com detalhamento dos procedimentos prévios à aplicação, a aplicação de fato e os resultados obtidos.

Com os resultados do quarto capítulo, o quinto capítulo, a conclusão, tem por

objetivo resumir os principais achados do estudo, discutindo as implicações dos resultados e sugerindo possíveis melhorias ou aplicações futuras para o método analisado.

Por fim, as referências reúnem todas as fontes utilizadas ao longo do trabalho, garantindo embasamento teórico e metodológico à pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, são apresentadas a fundamentação teórica do trabalho, com os conteúdos mais importante para seu desenvolvimento, e a revisão da literatura, a fim de maior compreensão acerca da utilização dos ratings e do FITradeoff atualmente.

2.1 Fundamentação teórica

O presente estudo fundamenta-se majoritariamente em conceitos de finanças, economia e métodos de apoio à decisão. Finanças e economia para maior compreensão acerca de aspectos que irão fundamentar os ratings, seus critérios e seus pesos, de maneira que, para ratings alinhados com a realidade, torna-se importante a compreensão mais detalhada destes temas. Métodos de apoio à decisão pois é através do uso de um deles que o trabalho será construído, sendo fundamental a compreensão de seus aspectos para o seguimento da pesquisa. Com isso, a fundamentação teórica foi dividida nos tópicos de Engenharia Econômica e Financeira, Apoio à Decisão Multicritério e Método FITradeoff.

2.1.1 Economia e Engenharia Econômica e Financeira

O conhecimento em finanças é fundamento base para desenvolvimento da presente pesquisa. Com o crescimento dos mercados financeiros globais, surgiu uma área de estudo chamada engenharia financeira, que mescla bem os conceitos da engenharia com as finanças. De acordo com Birge e Linetsky (2004), termo "Engenharia Financeira" surgiu nos anos 80 em Londres, referindo-se aos funcionários responsáveis pelo design, modelagem e precificação de novos contratos financeiros. Desde então, o significado se expandiu significativamente. O termo agora abrange a aplicação de modelagem matemática e tecnologia computacional para resolver problemas de gestão financeira, desenvolvendo novos produtos, estratégias e sistemas financeiros para instituições financeiras, corporações, governos e lares. Engenheiros financeiros desenvolvem modelos teóricos, ferramentas computacionais e compreensões matemáticas para lidar com produtos financeiros complexos, gerenciar riscos e otimizar portfólios de investimento.

Dentro desse conhecimento em engenharia financeira, as finanças corporativas desempenham papel fundamental. Segundo Ross, Westerfield, Jaffe e Lamb (2015) são 3 os objetivos dela: orçamento de capital (quais investimentos de longo prazo a empresa deve fazer), estrutura de capital atual (diz respeito à combinação entre dinheiro de terceiros e dinheiro próprio) e administração do capital de giro

(financiamento de curto prazo da empresa). O conhecimento sobre a forma que a empresa toma essas decisões é de suma importância para uma pesquisa adequada com resultados alinhados ao que dela se espera.

Já Ferreira (2014) define a matemática financeira, que aqui é enquadrada dentro da engenharia econômica e financeira, como uma ciência que se dedica a estudar os fenômenos econômico-financeiros por meio de métodos quantitativos. Isso permite, segundo o autor, a geração de modelos e processos eficientes na tomada de decisão. É exatamente o que busca esse trabalho, de forma que a metodologia da matemática financeira, seus conceitos, cálculos e indicadores são de fundamental importância teórica e embasam fortemente a presente pesquisa.

Sem dúvida a economia de maneira geral também é tema de extrema importância no estudo de movimentações do mercado que influenciam o contexto de crédito das empresas. Segundo Mankiw (2013), a economia busca o estudo da administração de recursos escassos. Assim, ela está preocupada com a forma que pessoas e empresas tomam decisões de quanto poupam, quanto investem, como e onde investem, quanto trabalham, dentre inúmeras outras. Da mesma forma, há neste trabalho a preocupação acerca dessas decisões e suas consequências no mundo corporativo, a fim de uma definição da situação da companhia. Tal conhecimento sobre a economia, portanto, é fundamental para a pesquisa e suas conclusões.

Rahman e Akim (2019) definem a microeconomia como o estudo dos comportamentos de famílias, empresas e governos individuais, bem como suas interações e escolhas. Já a macroeconomia trata das políticas econômicas nacionais, abordando questões como emprego, sistema monetário e inflação. Sem dúvida, portanto, tais temas influenciam os ratings e devem servir de base para a escolha de critérios que o compõem.

2.1.2 Apoio à Decisão Multicritério

Tendo em vista a forte necessidade de métodos de apoio à decisão para o desenvolvimento do trabalho, alguns termos e conceitos são fundamentais para balizar a compreensão, a começar com a definição do problema que demanda o uso de um método de apoio à decisão multicritério. De Almeida (2013) define um problema de decisão multicritério como situação com ao menos duas situações para escolher, havendo o desejo, com essa escolha, de atender a múltiplos critérios. Essa visão é consistente com o entendimento clássico apresentado por Keeney e Raiffa (1976), que abordam a decisão como um processo estruturado de escolha frente a múltiplos objetivos. Mas a decisão, naturalmente, ainda que individual, dificilmente se restringe

ao indivíduo, havendo outros atores no processo. Esses atores são abordados pelo autor, sendo alguns dentre eles mais relevantes para o trabalho em questão, a saber, o analista e o especialista.

O analista é aquele que fornece o suporte metodológico, se envolvendo com diversos atores a fim de compreender o problema e obter informações relevantes. O especialista é aquele que tem conhecimento do assunto sobre o qual a decisão deve ser tomada, de forma que é seu papel fornecer informações factuais.

Adaptando o estudo de alguns autores, de Almeida (2013) divide o processo decisório em 5 estágios: inteligência, desenho, escolha, revisão e implementação. A inteligência é a busca do problema que requer a decisão; o desenho é a construção do modelo, inclusive a geração de alternativas; a escolha é avaliação de alternativas e a decisão; a revisão é uma checagem das etapas anterior; por fim, a implementação consiste na aplicação do problema dentro da organização.

Definidos alguns dos conceitos mais relevantes ao problema em si, é fundamental compreender o que são os modelos que tratam deles. Assim, de Almeida (2013) diz que “um modelo de decisão multicritério corresponde a uma representação formal e com simplificação do problema de decisão com múltiplos objetivos enfrentado pelo decisor. Esse modelo de decisão deve incorporar a estrutura de preferências do decisor para o problema em questão. Geralmente, esse modelo de decisão é desenvolvido com base em algum método de apoio à decisão”. O método de apoio à decisão multicritério, por sua vez, é uma formulação metodológica e que serve para a construção de modelos de decisão que tenham como objetivo a solução de determinado problema. O método, portanto, é mais genérico do que o modelo.

Ao trabalhar com os métodos, alguns termos e conceitos também são fundamentais, seja para a escolha do modelo ou para seguir efetivamente seu passo a passo. Dentre eles, é relevante notar a diferença entre uma avaliação intracritério e intercritério. A avaliação intracritério mede o valor das diversas alternativas para um critério específico a partir da sua consequência esperada. Para exemplificar, no contexto do trabalho em questão, pode-se imaginar o indicador financeiro Dívida Líquida/Ebitda. Ele será um critério, e a avaliação intracritério servirá para comparar seu valor em duas alternativas (no caso, duas empresas) diferentes. A avaliação intercritério, por outro lado, compara diferentes critérios. Assim, se for imaginado um segundo indicador, chamado liquidez corrente, e comparado seu valor com o indicador Dívida Líquida/Ebitda, estará sendo feita uma avaliação intercritério.

De Almeida (2013) também mostra que há também, a princípio, dois tipos de escala: numérica e verbal. A numérica trará valores numéricos aos critérios, seja por

meio de uma escala ordinal (que ordena os números), escala de razão (com valores com unidade e origem, a exemplo de 2kg. Nesse caso, as relações de razão são óbvias: 4kg é o dobro de 2kg) ou escala intervalar (pode ser representada por uma função $y = ax + b$. Nesse caso, as relações de razão não são óbvias: a temperatura 40° não é o dobro de 20°). Já a escala verbal pretende classificar as alternativas comparadas (classificações de cores de objetos são um exemplo). Ressalta-se, porém, a possibilidade de transformar a escala verbal em quantitativa, seja fornecendo valores ou classificações semânticas compatíveis com uma noção de ordem (Por exemplo: muito bom, bom, médio, ruim e muito ruim). Especialmente importante é a normalização posteriormente, que buscará dar um intervalo de valores padrão para cada critério, tornando unidades diferentes em aspectos comparáveis.

A chamada racionalidade do método também não pode ser deixada de fora da compreensão para seguimento do trabalho. De Almeida (2013) diz que “[...] nos métodos compensatórios a avaliação de uma alternativa considera os trade-offs entre os critérios, ou compensações. Já nos métodos não compensatórios não há trade-offs entre os critérios”. No método compensatório, por mais que o critério A seja mais importante que o critério B e a alternativa 1 tenha o critério A melhor que a alternativa 2, caso a alternativa 2 tenha o critério B muito melhor do que a alternativa 1, isso poderá compensar e a alternativa 2 ser a melhor. Já nos métodos não compensatórios, a alternativa A será melhor, pois não há compensação.

Entrando em exemplos das citadas racionalidades, pode-se citar um jogo de vôlei no sentido de pontuação em cada set e um jogo de futebol comparando um confronto eliminatório entre dois times e com 2 jogos (“mata-mata”). No jogo de vôlei, se um time, em 5 sets, vencer 2 sets por 25x0 e perder 3 por 25x24, ele sairá derrotado, ainda que tenha feito mais pontos no total (122 pontos contra 75 do adversário), o que significa que os dois sets vencidos não valem mais que os 3 perdidos por causa da diferença de pontos, tratando-se, portanto, de racionalidade não compensatória. Já no futebol, se em dois jogos um time A vencer o primeiro jogo por 2x0 e perder o segundo jogo por 1x0, na maioria das competições ele será classificado, pois marcou mais gols no total do confronto, ou seja, o melhor desempenho no primeiro confronto compensou o pior desempenho no segundo, tratando-se de racionalidade compensatória.

Diante dessa classificação, a metodologia para cálculo de ratings, objetivo do trabalho em questão, é um problema que, claramente, deve ser tratado considerando uma racionalidade compensatória, haja vista que há compensação entre diferentes critérios, de forma que, ainda que um critério eventualmente seja mais importante que o outro e a alternativa A o possua em valor maior que a alternativa B, se o segundo

critério tiver, para a alternativa B, um valor muito maior do que para a alternativa A, a alternativa B poderá ser considerada melhor.

Belton e Stewart (2012), no entanto, chamam atenção para alguns mitos no uso de métodos de apoio à decisão multicritério, como o de que dará a resposta “certa” e de que trará uma análise objetiva tirando a responsabilidade do decisor de fazer análises difíceis. Os autores destacam que não há resposta correta, pois o conceito de ótimo neste contexto não existe, com o método sendo um apoio para a tomada de decisão. Quando à objetividade, destacam que a subjetividade está presente em toda tomada de decisão, não desaparecendo com um método como apoio, em particular na escolha das alternativas, dos critérios e dos pesos.

Com a relevância do tema para a tomada de decisões, diversos métodos distintos foram desenvolvidos para resolver problemas de decisão multicritério, como o SMARTS (Edwards; Barron, 1994), SMARTER (Ward; Hutton, 1994), PROMETHEE (Brans et al., 1986), e FITradeoff (De Almeida et al., 2016). Neste trabalho, o método utilizado é o último, de tal maneira que, explicados os conceitos mais gerais, é fundamental para a compreensão do trabalho a explicação mais detalhada dos conceitos específicos do FITradeoff, o que é feito no próximo tópico.

2.1.3 Método FITradeoff

Dentre os vários métodos de apoio à decisão multicritério, em particular destaque para esse trabalho está o método FITradeoff (De Almeida et al., 2016). O método possui racionalidade compensatória, e trabalha com informação parcial do decisor para elicitación de constantes de escala (ou “pesos”) dos critérios, avaliando alternativas através do modelo de agregação aditivo. Desde já, é importante notar que a razão para as aspas na palavra “pesos”. Conforme de Almeida (2013), não é adequado chamar as constantes de escala no modelo de pesos, haja vista que isso induz a pensar que somente no grau de importância dos critérios, como se um critério duas vezes mais importante que outro merecesse um peso duas vezes maior. É fundamental, na verdade, focar nas consequências. Se o decisor diz, conforme exemplo de de Almeida (2013), que a poluição é três vezes mais importante que o custo, não significa que baixar a concentração de um poluente em uma parte por bilhão valeria o custo de R\$2 bilhões. É necessário, na verdade, entender quanto se obtém de desempenho com cada alteração dessa por meio de trade-offs para, assim, determinar esses pesos.

Diante disso, o FITradeoff surge como um método que se utiliza de informações parciais do tomador de decisão através de sua elicitación de preferências para chegar

em constantes de escala adequadas. O ponto fundamental, que o diferencia de outros métodos, de acordo com de Almeida et al. (2016) é o fato de essa elicitaco ser flexível, ou seja, se adequa às circunstâncias enquanto está ocorrendo. Esse dinamismo  possível por meio de um sistema interativo, no qual o decisor responde a perguntas que buscam captar suas preferências, conforme explicado detalhadamente mais à frente.

Fundamental no método é a avaliação intracritério, que consiste em definir funções valor marginais para cada critério. Essas funções transformam os desempenhos das alternativas em uma escala normalizada entre 0 e 1. Utiliza-se o conceito de preferência estrita para que sejam comparados intervalos de valores e, assim, se determinem os pontos de referência, determinando uma função que represente a utilidade do critério em questão.

Após a definição das funções valor, inicia-se a elicitaco intercritério para determinar os pesos de cada critério. Nesta etapa reside a grande diferença com relação ao procedimento de trade-off tradicional (Keeney e Raiffa, 1976). Para melhor verificar a diferença, conforme explicado em Marques, Frej e de Almeida (2022), em métodos tradicionais de trade-off o decisor coloca em ordem de preferência os pesos dos critérios, a exemplo de $k_1 > k_2 > k_3 > \dots > k_n$ (relativos, respectivamente, a critérios $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$). A partir disso, busca-se determinar o ponto de indiferença entre os critérios a fim de determinar seus pesos. Já partindo dos valores dos critérios normalizados (entre 0 e 1), existe algum valor v_1 para o critério a_1 que é indiferente ao melhor valor v_2 de a_2 . Em um exemplo ilustrativo, para facilitar a compreensão,  possível supor a compra de um carro como um problema de decisão multicritério. Se os preços variam entre R\$50 mil e R\$100 mil, a velocidade máxima entre 100km/h e 250km/h e o decisor preferir um preço menor a uma velocidade maior, ele pode dizer qual o preço entre o intervalo dele é indiferente a um carro com a velocidade máxima de 250km/h. Matematicamente, isso é representado por $k_1 \times v_1 = k_2 \times v_2$, mas como v_2 é o melhor valor do critério c_2 (no exemplo do carro, os 250km/h), e foi dito que o valor já está normalizado (ou seja, o valor de 250km/h equivale ao valor 1 na escala normalizada), $v_2 = 1$ e $k_1 \times v_1 = k_2$. Determinando v_1 , chega-se  relação entre k_1 e k_2 , que será seguida da comparação entre outros critérios e, assim, a um sistema de equações, através do qual, com a resolução, pode-se encontrar os valores das constantes de escala k .

Conforme dito por de Almeida et al. (2016), o FITradeoff parte de duas premissas: o decisor não é capaz de especificar o exato ponto de indiferença e pode não ser confiável assumir que essa informação pode obtida de forma consistente pelo decisor.

O FITradeoff, por sua vez, oferece ao decisor um processo menos dispendioso cognitivamente, buscando não esse ponto exato, mas informações parciais que vão estreitando as relações entre os pesos até um nível satisfatório. Assim, ele dá duas opções para o decisor se utilizando de pares de critérios e comparando suas consequências, de maneira que uma alternativa possui valores A e B para os critérios 1 e 2, enquanto a outra alternativa possui valores C e D para os mesmos critérios 1 e 2. Quando o decisor responde, é gerada uma inequação a partir da declaração de preferência estrita, a qual envolve as constantes de escala dos critérios 1 e 2. O procedimento é feito sucessivamente com várias perguntas que vão fornecendo novas relações e atualizando o espaço de pesos. Com isso, conforme explicado por de Almeida et al. (2016), é solucionado um problema de programação linear que busca maximizar o somatório dos produtos de cada k_j por cada v_j sujeito às restrições que são as equações encontradas anteriormente. Os autores destacam que chega-se a um resultado sem perguntar diretamente ao decisor acerca dos pesos, mas sim sobre pares de consequências, o que, com a estrutura matemática do modelo, possibilita chegar a uma relação entre os pesos.

Depois de encontrada a melhor alternativa, pode-se ainda realizar uma análise de sensibilidade, que verifica a robustez das soluções encontradas frente a variações nos desempenhos das alternativas ou nos pesos dos critérios. Por meio de simulações, o método avalia a estabilidade das alternativas ótimas em diferentes cenários, fornecendo maior segurança na decisão final.

De extrema importância para o método é também a definição da problemática de decisão. Quatro são os tipos de problemas para os quais o método pode ser utilizado:

- I) Escolha: Identificação da melhor alternativa dentro de um conjunto viável, considerando os critérios estabelecidos.
- II) Ordenação: Geração de um ranking completo ou parcial de alternativas, levando em conta suas performances relativas.
- III) Classificação: Geração de um ranking completo ou parcial de alternativas, levando em conta suas performances relativas.
- IV) Portfólio: Seleção de um subconjunto de alternativas que maximizem os benefícios dentro de restrições, como orçamento ou capacidade

De Almeida et al. (2023) fizeram um apanhado das principais contribuições e evoluções do método. Um avanço importante é a inclusão da avaliação holística em qualquer momento do processo, enquanto antes era usada só para finalizá-lo, permitindo que o decisor expresse preferências diretas entre alternativas ao longo do

processo, o que pode expressar relações de dominância entre elas e reduzir a necessidade de responder a todas as perguntas do modelo original.

Com relação ao parágrafo anterior, é válido esclarecer melhor a incorporação da avaliação holística na análise. De Almeida, Frej e Roselli (2021) trouxeram a possibilidade de combinação entre a elicitación por decomposição e a avaliação holística. Anteriormente, o decisor fazia a elicitación por decomposição, comparando pares de consequências, para que no final tivesse a oportunidade de fazer uma avaliação holística, que consistiria em escolher uma alternativa dentre as possíveis alternativas ótimas e achar a solução final. O grande avanço consiste em incluir a possibilidade de avaliação holística durante todo o processo, alternando entre ela e a elicitación por decomposição. Isso permitiu que a informação obtida na avaliação holística fosse incorporada no modelo de programação linear, acelerando o processo. Segundos os autores, no problema de escolha, o uso da avaliação holística permite eliminar a alternativa menos preferido, eliminando-a e encurtando o processo. Já no problema de ordenação, pode estabelecer relações de dominância entre as alternativas, o que é incorporado ao modelo e refina o ranking e reduz o tempo.

Outro avanço, de acordo com De Almeida et al. (2023), é relativo a estudos comportamentais e neurociência. Tais estudos permitiram compreender melhor como os tomadores de decisão interagem com o método e como isso pode influenciar melhorias no modelo e demonstraram que maior esforço cognitivo foi demandado no processo de decomposição. Isso, segundo os autores, confirma que o processo de elicitación do método foi feito de maneira adequada, já que é esperado que realmente o decisor gaste mais tempo e esforço neste processo.

Para fins desse trabalho, como o objetivo é se utilizar do método para determinar os pesos adequados na fórmula do rating, o mais adequado será o de ordenação - que, conforme dito anteriormente, fornece um ranking ordenando as alternativas da melhor para a pior, mostrando ao decisor a ordem adequada de acordo com suas preferências -, já que apresenta intervalos mais curtos para os valores dos pesos do que o modelo de escolha, já que um refinamento maior no espaço de pesos é necessário para garantir a ordenação das alternativas. Como este trabalho se concentra na obtenção de avaliações para indicadores, ranges menores de valores dos pesos são mais interessantes para a presente análise.

2.2 Revisão da Literatura

Para melhor compreensão dos assuntos abordados no trabalho e suas aplicações, faz-se necessário um estudo da literatura sobre os temas, que será dividida na parte

de avaliação de ratings de crédito e aplicações do método FITradeoff.

2.2.1 Avaliação de ratings de crédito

Com da importância dos citados assuntos, Zamlynskyi, Zerkal e Antonov (2019) destacam que o desenvolvimento e a contínua complexificação dos instrumentos financeiros através da integração de tecnologia e métodos de gestão levam ao aumento do papel da engenharia financeira na garantia da eficiência das atividades empresariais. A utilização da engenharia financeira permite às entidades empresariais resolver de forma abrangente problemas urgentes, desde crises de liquidez até a falta de recursos para alcançar objetivos de longo prazo. No entanto, essa área de pesquisa ainda é pouco explorada na literatura científica doméstica. Portanto, definir as bases conceituais para o funcionamento do sistema de engenharia financeira e refinar suas características essenciais é uma tarefa científica urgente.

Não só dentro das empresas como também para os investidores, o tema mostra-se fundamental. Iorgachova, Kovalova e Plets (2018) fizeram um estudo buscando aplicar os conceitos da engenharia financeira em um estudo específico sobre alguns setores na Ucrânia. Os autores analisam a dinâmica atual e as características do mercado de obrigações corporativas na Ucrânia, além de desenvolver parâmetros para novos títulos de lucro através da engenharia financeira, atendendo às demandas dos investidores na formação de portfólios de investimento e oferecendo uma forma lucrativa de captação de recursos para os emissores. No artigo citado, os autores buscam classificar os créditos das empresas analisadas, mostrando a utilização dos conceitos da engenharia financeira para o presente estudo.

Apesar da enorme importância dos ratings para o mercado de maneira geral (caso em que são divulgados a fim de balizar a decisão dos investidores) ou para a decisão de investimento interna de empresas que fazem seus próprios, chegar a valores fidedignos, mesmo para grandes empresas, não é algo simples. Fischer (2015) buscou investigar o impacto das agências de rating em um mercado com informações assimétricas, discutindo o papel delas como intermediárias entre investidores e emissores de títulos. Agências de rating podem utilizar tecnologia de pesquisa custosa para revelar a verdadeira natureza dos emissores ou engajar-se em suavização de ratings. A suavização de ratings pode compensar a baixa qualidade de pesquisa, embora leve à deterioração da qualidade no mercado de ratings e à formação de clusters no mercado. Emissores de baixa qualidade tendem a se associar com agências de baixa qualidade, e a ênfase dos investidores na reputação das agências resulta em um mercado altamente clusterizado. O estudo revelou que a tecnologia de

pesquisa perfeita não é ótima devido aos altos custos marginais em comparação aos benefícios marginais, resultando em ratings ruidosos e aproximados.

Além da importância para os investidores, ratings bem feitos são fundamentais para que o crédito flua para os devedores a uma taxa justa. Entretanto, refinamentos em classificações de rating podem ser enviesadas pela própria taxa antes do refinamento (embora esse possa ser um aspecto na análise - pois menores taxas significam menores juros, o que é bom para a capacidade de pagamento da empresa -, deve ser apenas um pequeno aspecto, não algo determinante), quando virtualmente somente as taxas deveriam ser influenciadas por melhorias na qualidade do rating. Tang (2009) buscou demonstrar essa relação: embora os spreads de rendimento ex-ante possam prever parcialmente a direção das mudanças de refinamento, empresas que recebem upgrades de refinamento experimentam uma redução adicional nos custos de empréstimo ex-post em comparação com empresas que recebem downgrades. As empresas com upgrades subsequentemente emitem mais dívidas e dependem mais de financiamento por dívida do que as que foram rebaixadas. Além disso, empresas com upgrades realizam mais investimentos em capital, acumulam menos caixa e apresentam crescimento de ativos mais rápido do que aquelas rebaixadas. Esses achados demonstram que a assimetria de informações no mercado de crédito afeta significativamente os resultados reais das empresas.

Na mesma linha, Driss, Massoud e Roberts (2019), examinaram o papel das agências de rating como certificadoras de mutuários corporativos através do mecanismo de "credit watch" (acompanhamento do crédito) com direção de downgrade. Os autores descobriram que empresas cujas classificações foram confirmadas após um período de "credit watch" aumentam seu financiamento de dívida de longo prazo e intensificam suas atividades de investimento, mantendo a lucratividade. Empresas com menor acesso ao mercado de crédito obtêm mais financiamento a custos reduzidos após o "credit watch". Isso sugere que as agências de rating podem aliviar as restrições de capital das empresas. Com isso, a pesquisa destaca que a certificação das agências de rating tem efeitos reais sobre as decisões financeiras e de investimento das empresas, contribuindo para uma melhor compreensão do impacto das agências de rating no sistema financeiro.

Diante da importância dos ratings, é importante saber quais os aspectos fundamentais para que se chegue a um rating fidedigno, bem como saber criar um modelo matemático a partir dessas informações. Visando o primeiro dos dois citados objetivos, Kaur, Vij e Chauhan (2023), realizaram uma revisão sistemática da literatura sobre os determinantes das classificações de crédito corporativo (CCR) para

identificar os fatores que influenciam essas classificações. Analisando 99 estudos empíricos de janeiro de 2001 a junho de 2021, os autores categorizaram os fatores influenciadores das CCR em três amplas categorias: financeiros, não financeiros e econômicos. Enquanto os fatores financeiros têm sido extensivamente estudados, fatores não financeiros, como governança corporativa e responsabilidade social corporativa, estão ganhando importância. O estudo destaca fatores emergentes e fatores com evidências mistas na literatura, fornecendo direcionamento para futuras pesquisas e sugerindo a construção de um modelo abrangente com base nesses fatores.

Para a modelagem matemática específica, o trabalho em questão busca fazê-la unindo a inteligência dos aspectos de rating, conforme abordado no parágrafo anterior, com a inteligência dos métodos de apoio à decisão multicritério. Os problemas de tomada de decisão no mundo real são frequentemente complexos e mal estruturados, tornando inadequado o uso de um único critério para alcançar a decisão ótima. Segundo Kahraman, Onar e Oztaysi (2015), a tomada de decisão multicritério (MCDM) aborda essa complexidade considerando simultaneamente múltiplos critérios. Os problemas de MCDM podem ser discretos, tratados por métodos de decisão multiatributo (MADM), ou contínuos, abordados por métodos de decisão multiobjetivo (MODM).

Quando fala-se da concessão de crédito propriamente dita, bancos utilizam diferentes abordagens de concessão de crédito, incluindo modelos de credit scoring, que podem ser estatísticos, baseados em pesquisa operacional e técnicas inteligentes. Uma análise correlata com a que será tratada neste trabalho, embora mais específica, foi feita por Angilella e Mazzù (2015), levando em consideração as pequenas e médias empresas (PMEs). Segundo os autores, a avaliação da solvência das PMEs frequentemente se baseia em julgamentos de especialistas devido à falta de registros confiáveis. Para preencher a lacuna na construção de modelos de avaliação de crédito para PMEs inovadoras, o artigo adota uma abordagem de Apoio Multicritério à Decisão (MCDA), utilizando os métodos ELECTRE TRI e SMAA-TRI a fim de avaliar o risco de crédito de PMEs com base em critérios qualitativos. O estudo inclui um caso real de quatro empresas italianas inovadoras em fase inicial para ilustrar a metodologia proposta.

2.2.2 Aplicação do FITradeoff

Quando verifica-se mais especificamente a aplicação do FITradeoff, método de apoio à decisão utilizado neste trabalho, há na literatura uma variedade de aplicações.

Marques, Frej e de Almeida (2022) apresentaram a abordagem do FITradeoff na seleção de portfólios de projetos, com 90 cenários simulados que variavam em número de projetos e de critérios. A interação com o sistema gerou, em média, 29 perguntas, demonstrando o baixo esforço cognitivo mesmo para problemas complexos. Ademais, o modelo demonstrou ser eficiente na redução dos portfólios gerados e teve média de 30 minutos em problemas com mais de 20 projetos. A conclusão dos autores, portanto, foi de que a abordagem é promissora e que seria interessante ter novas aplicações da vida real.

Outra aplicação foi feita por Frej, de Almeida e Costa (2019), que aplicaram o método para selecionar fornecedores de embalagens em uma indústria alimentícia no Brasil. Nesse caso, buscaram adaptar o modelo para fazer um ranqueamento das alternativas. Cinco fornecedores foram avaliados com base em sete critérios, a saber, preço, qualidade, frete (confiabilidade do transporte), acurácia das entregas (entregas com quantidades corretas), pontualidade (entregas a tempo), lead time e flexibilidade. O FITradeoff permitiu que o decisor respondesse apenas cinco perguntas até que um ranqueamento completo fosse obtido, reduzindo significativamente o esforço comparado ao método tradicional. Com isso, foi proposto um novo método para estabelecer rankings através do FITradeoff.

Kang, Júnior e de Almeida (2018) propuseram um modelo de decisão multicritério para avaliação de tecnologias de geração de energia elétrica, utilizando o FITradeoff. O estudo destaca a necessidade de considerar múltiplos fatores (sociais, econômicos, técnicos e ambientais) na composição da matriz energética de um país. Foram usados 13 critérios e 4 perfis de decisão distintos (alterando a ordem de preferência dos critérios a depender do objetivo principal do decisor). Quando o foco foi produção de energia, a hidrelétrica foi a melhor opção. Quando o foco foi no retorno sobre o investimento, o petróleo foi o melhor. Quando o foco foi em impacto ambiental, a eólica e a hidrelétrica foram as recomendadas. Por fim, na criação de empregos a biomassa foi a melhor. Assim, os autores concluíram que o FITradeoff tem potencial no planejamento de energia.

Outro exemplo de aplicação pode ser vista em Ribeiro et al. (2021), que buscaram resolver um problema de localização de shopping center no interior do Nordeste do Brasil. Utilizando 10 cidades como alternativas e 7 critérios (frota de veículos, competidores, preço da eletricidade, PIB, índice de Gini, preço da terra e população), os autores conseguiram criar um ranking das melhores alternativas, com a cidade de Caruaru sendo a melhor.

Pessoa, Roselli e de Almeida (2024) contextualizaram o crescimento dos

programas de compliance no Brasil após a Lei Anticorrupção (Lei 12.846/2013) e investigações como a Operação Lava Jato. Para apoiar a empresa, foram identificadas 28 ações de compliance, avaliadas com base em cinco critérios: gestão de riscos, custo de implementação, diversidade e inclusão, canais de comunicação e denúncia, e incorporação dos princípios do programa de compliance. O método FITradeoff foi utilizado para classificar as ações mais prioritárias, combinando dois paradigmas de modelagem de preferências: elicitación por decomposição e avaliação holística. O resultado final apontou como ação mais importante a disseminação do programa de compliance por meio de palestras, cursos e reuniões. Outras ações altamente classificadas estavam relacionadas à comunicação interna, indicando que a empresa deveria focar inicialmente nesse aspecto para fortalecer seu programa de compliance.

2.3 Síntese do estado da arte e posicionamento deste trabalho

Diante da situação atual da literatura, este trabalho tem grande potencial de inovação no que tange a abordagem e modelagem de cálculo de notas de crédito. Enquanto hoje os métodos são ou excessivamente complexos ou excessivamente simples, a abordagem proposta traz complexidade não tão significativa ao mesmo tempo que reduz fortemente vieses. O uso de métodos de apoio à decisão multicritério é praticamente inexistente no meio, embora seja altamente apropriada e útil.

Assim, a presente análise possibilitará até mesmo que investidores individuais, embora para um bom uso precisem ser dotados de algum conhecimento de finanças, deem suas notas ou as comparem com aquelas de outras empresas e cheguem a conclusões acerca do risco de crédito. Em suma, a pesquisa em questão fornecerá uma abordagem diferente para a análise de crédito, bem como tenderá a democratizar as avaliações da capacidade de pagamento no sentido de reduzir sua complexidade.

Especificamente com relação aos dois tópicos analisados, percebe-se que, do lado dos ratings, a utilização de métodos de apoio à decisão multicritério é muito rara, e a utilização do FITradeoff especificamente não existe. Quando analisa-se, por outro lado, aplicações do FITradeoff, percebe-se que sua utilização foi muito mais usada em problemas pouco ou nada relacionados ao abordado neste texto.

Dessa forma, o trabalho busca unir os dois temas em questão, estabelecendo um elo entre o mercado de crédito (mais especificamente para os ratings) e os métodos de apoio à decisão (mais especificamente o FITradeoff), ampliando as possibilidades para ambos os lados.

3 CONTEXTO E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A fim de uma maior compreensão do problema em si, o presente capítulo busca dar um contexto e iniciar a descrição de sua solução.

3.1 Contexto do problema

No mercado de crédito, são feitos empréstimos de capital àqueles desejosos, sejam pessoas físicas ou empresas, chamados devedores, a depender de alguns critérios. Assim, tanto para definir a concessão ou não do empréstimo como para determinar a taxa pela qual ele será concedido, aquele que fornece o capital, o credor, precisa de uma análise financeira rigorosa do devedor a fim de verificar a capacidade deste de pagar a amortização e os juros acordados. Para o problema em questão, serão considerados apenas empréstimos a empresas. Dentro dessa análise, é feito um estudo do setor, do modelo de negócios, das demonstrações financeiras e das garantidas concedidas, dentre outros, para uma boa tomada de decisão. Para dar um caráter mais objetivo à decisão, é comum que seja realizado um cálculo de rating, que é um cálculo que busca dar uma nota de crédito à empresa que busca o capital. Dentro das credoras, esse rating é extremamente útil na tomada de decisão, servindo tanto para determinação de taxa de juros, como para limitar o valor emprestado (ex: só se pode conceder a empresas com rating X o valor de R\$Y). Válido destacar que embora o estabelecimento desse critério objetivo seja importante, a subjetividade e opinião do analista devem ser sempre consideradas, pois o rating dá um caráter geral, mas como cada caso analisado é particular, ele pode não levar em consideração algo relevante, o que deve ser ponto de atenção para o decisor.

Atualmente, dentro do mercado, o rating é feito fortemente baseado nos 5C's do crédito (caráter, capacidade, capital, colateral e condições), que apoiam a decisão de quais fatores são mais importantes. Sendo estabelecidos os critérios (a exemplo de indicadores como Dívida Líquida/Ebitda e Patrimônio Líquido e outros fatores como as garantias cedidas), primeiro são estabelecidas notas, em geral de 1 a 5 ou de 1 a 3, para eles a depender de seus valores. Com isso, chega-se a intervalos para os critérios em que eles recebem determinada nota. Para ficar mais claro, pode-se estabelecer que para o valor $Dívida\ Líquida/Ebitda < 1$ a nota é 5, para o valor $1 < Dívida\ Líquida/Ebitda < 1,5$ a nota é 4 e assim sucessivamente, de forma que torna-se indiferente o citado indicador ser 1,1 ou 1,4, pois ambos teriam nota 4. Após isso, busca-se dar um peso a cada um dos critérios através de conversas e da experiência daqueles envolvidos. Então, se terá a nota de crédito da empresa. Tal forma, entretanto, pode vir a ser contraditória e não representar com fidelidades os interesses

da credora pela falta de uma maior objetividade e consistência no estabelecimento dos pesos.

Diante da forte possibilidade dessa inconveniência, a saber, das contradições e preferências selecionadas de forma equivocada, o problema em questão busca determinar uma fórmula para cálculo do rating a partir de um modelo de decisão multicritério, bem como fazer posteriores comparações com a abordagem tradicional. Com a utilização de um modelo que traga mais confiança na modelagem matemática do rating, portanto, espera-se maior acerto no cálculo e uma nota mais fidedigna com a realidade das preferências da empresa credora.

Assim, com os processos de definição de rating se aproximando do que a empresa realmente pensa ser importante, trazendo maior consistência e menor arbitrariedade, a tendência é que seu portfólio seja ajustado para uma binômio risco/retorno mais próximo da realidade, com percentuais de empréstimos mais bem definidos, além de haver a aceitação e definição do empréstimo mais fácil e segura, dado que uma confiança no valor do rating necessariamente induz a uma maior confiança na decisão tomada.

3.2 Descrição do problema

Para a aplicação do FITradeoff ao problema em questão, é importante ter bem definidos os atores, os critérios e as alternativas, bem como o racional por trás.

Para o problema em questão, o autor assumirá os papéis de decisor, analista e especialista, nesse último caso com a contribuição dos autores citados ao longo da pesquisa. Como analista por possuir o conhecimento do FITradeoff e do sistema que o põe em prática. Como especialista por trabalhar na área e ter conhecimentos de finanças. Como decisor pelo fato de não ser propriamente um problema específico que demanda uma decisão, mas o uso de um potencial problema para a definição de fórmulas mais abrangentes, de forma que, para os fins propostos, o decisor equivale ao especialista. Válido ressaltar, todavia, que em casos práticos de uso da abordagem, o decisor será aquele interessado em solucionar o problema e encontrar a equação que satisfaça suas preferências.

Para os critérios, logo de início é importante pontuar que não buscam ser extensivos e representar todas as possibilidades. Como o foco do trabalho é na aplicação do FITradeoff para a introdução de um novo método, os critérios selecionados não representam necessariamente um guia, embora estejam baseados na realidade e sejam fatores importantes na área de crédito. Com a ressalva feita, os critérios escolhidos e suas descrições são os presentes na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição dos critérios

Número	Critério	Descrição	Detalhamento da escala	Direção de preferência
1	Dívida Líq./PL	Trata-se da dívida líquida (dívida total - caixa e equivalentes) dividida pelo patrimônio líquido. Indica o grau de alavancagem financeira da empresa. Quanto maior o índice, maior a dependência de capital de terceiros, o que pode aumentar o risco de crédito.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $4 < \text{Dívida Líq.} / \text{PL}$ ou se $\text{PL} \leq 0$; 2. $3 < \text{Dívida Líq.} / \text{PL} \leq 4$; 3. $2 < \text{Dívida Líq.} / \text{PL} \leq 3$; 4. $1 < \text{Dívida Líq.} / \text{PL} \leq 2$; 5. $\text{Dívida Líq.} / \text{PL} \leq 1$ ou $\text{Dívida Líq.} \leq 0$ 	Maximização
2	Dívida Líq./Ebitda	Trata-se da dívida líquida (dívida total - caixa e equivalentes) dividida pelo EBITDA (lucro operacional). Representa quantas vezes o EBITDA (lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização) é suficiente para cobrir a dívida líquida. Um valor alto sugere que a empresa pode ter dificuldades para quitar suas dívidas apenas com a geração operacional de caixa, elevando o risco de inadimplência.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $8 < \text{Dívida Líq.} / \text{Ebitda}$ ou se $\text{Ebitda} \leq 0$; 2. $6 < \text{Dívida Líq.} / \text{Ebitda} \leq 8$; 3. $4 < \text{Dívida Líq.} / \text{Ebitda} \leq 6$; 4. $2 < \text{Dívida Líq.} / \text{Ebitda} \leq 4$; 5. $\text{Dívida Líq.} / \text{Ebitda} \leq 2$ ou $\text{Dívida Líq.} \leq 0$ 	Maximização
3	Passivos/ativos	Passivo total dividido pelo ativo total. Indica a proporção dos ativos da empresa financiada por passivos (dívidas e obrigações). Empresas com um índice muito elevado podem ter problemas financeiros, pois possuem mais obrigações do que ativos disponíveis para cobri-las, afetando sua capacidade de pagamento.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $1 < \text{Passivos}/\text{Ativos}$; 2. $0,8 < \text{Passivos}/\text{Ativos} \leq 1$; 3. $0,6 < \text{Passivos}/\text{Ativos} \leq 0,8$; 4. $0,4 < \text{Passivos}/\text{Ativos} \leq 0,6$; 5. $\text{Passivos}/\text{Ativos} \leq 0,4$ 	Maximização
4	Segmento	Refere-se ao setor de atuação da empresa. O segmento influencia o risco de crédito, pois setores diferentes têm ciclos econômicos distintos, margens de lucro variadas e exposição a diferentes riscos de mercado. B	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consumo cíclico; 2. Petróleo, gás, matérias básicas etc; 3. Bens Industriais, comunicação etc; 4. Consumo não-cíclico; 5. Saúde, utilidade pública, financeiro. 	Maximização
5	Nível da operação	Refere-se à escala e maturidade das operações da empresa, considerando seu porte e alcance de mercado. Empresas maiores e bem estabelecidas costumam ter menor risco de crédito, pois apresentam maior diversificação e estabilidade nas receitas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Municipal; 2. Estadual; 3. Regional; 4. Nacional; 5. Internacional. 	Maximização
6	ICJ	Índice de cobertura de juros, que é o EBITDA dividido pelas despesas financeiras. Mede quantas vezes a empresa consegue pagar seus juros com o lucro operacional. É calculado como EBITDA (lucro antes de juros e impostos) dividido pelas despesas financeiras.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $1 > \text{ICJ}$ 2. $1 \leq \text{ICJ} < 1,5$; 3. $1,5 \leq \text{ICJ} < 2$; 4. $2 \leq \text{ICJ} < 3$; 5. $\text{ICJ} \geq 3$ 	Maximização
7	Liquidez corrente	Calcula a relação entre ativos circulantes e passivos circulantes, indicando a capacidade da empresa de pagar suas obrigações de curto prazo. Um índice abaixo de 1 sugere dificuldades para honrar compromissos no curto prazo, o que pode impactar negativamente a análise de crédito.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $1 > \text{LC}$ 2. $1 \leq \text{LC} < 1,33$; 3. $1,33 \leq \text{LC} < 1,66$; 4. $1,66 \leq \text{LC} < 2$; 5. $\text{LC} \geq 2$ 	Maximização

8	CAGR LL 5 anos	Representa a taxa de crescimento anual composta do lucro líquido ao longo dos últimos cinco anos. Empresas com crescimento sustentável do lucro ao longo do tempo apresentam menor risco de crédito, pois demonstram capacidade de geração de valor e estabilidade financeira.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $2\% > \text{CAGR}$ 2. $2\% \leq \text{CAGR} < 8\%$; 3. $8\% \leq \text{CAGR} < 14\%$; 4. $14\% \leq \text{CAGR} < 20\%$; 5. $\text{CAGR} \geq 20\%$ 	Maximização
---	----------------	--	--	-------------

Fonte: O autor (2025)

Há de se destacar o uso de escalas construídas para os critérios. Naturalmente, ao se usar escalas construídas quando as naturais são possíveis, perde-se informação. Para o trabalho em questão, entretanto, foi preferível seguir assim por algumas razões. Em primeiro lugar, alguns dos critérios realmente precisam, como são os casos do critério 1 (que a princípio é natural, mas como o valor pode ser negativo por um bom motivo, no caso de a dívida líquida ser menor do que zero, ou por um mau motivo, no caso de o PL ser menor do que zero, precisa de um ajuste), do critério 4 e do critério 5. Em segundo lugar, conforme citado ao longo do texto, é um padrão em boa parte do mercado o uso das escalas construídas nos ratings. Em terceiro lugar, dado que um dos benefícios do FITradeoff é o menor custo mental ao decisor, nota-se que a escala natural em alguns e a construída em outros dificulta a comparação (como no caso da Dívida Líquida/PL comparada à Dívida Líquida/Ebitda). Em quarto lugar, isso trouxe o benefício de linearizar a função de preferências para cada critério, sem necessidade de elicitar a função de valor marginal, já que as escalas foram construídas visando tornar as funções lineares. Talvez todos esses benefícios ainda não se comparassem à perda de informação, mas finalmente, em quinto e último lugar, o objetivo do trabalho é achar ranges de pesos e não propriamente um ranking das alternativas escolhidas, de maneira que se o ranking for diferente do que seria com as informações mais completas (no caso da escala natural), isso não é um problema para os propósitos em questão. Relevante também notar que, para todos os critérios, a escala foi construída para que seja de maximização, ou seja, quanto maior, melhor.

Com relação às alternativas, foram escolhidas as mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Alternativas

Número	Alternativa
1	Petrobrás
2	Vale
3	Ambev
4	WEG
5	Eletrobrás
6	Suzano
7	Localiza
8	Blau

9	Copasa
10	Braskem
11	Empresa M
12	Empresa P

Fonte: O autor (2025)

Quanto às 10 primeiras, foram escolhidas empresas listadas na bolsa brasileira pela maior facilidade de informações. As informações dos valores dos critérios foram majoritariamente retiradas do site Status Invest e, no caso de valores não presentes no site, do cálculo e análise de documentos publicados nos sites de Relações com Investidores das respectivas empresas. Como no momento de realização do trabalho nem todas as demonstrações financeiras do final de 2024 haviam sido divulgadas, optou-se pela escolha dos números relativos ao fechamento de 2023. Com relação às duas últimas, Empresa M e Empresa P, são empresas fictícias usadas apenas como apoio na resolução do problema, a fim de estabelecer os valores máximos e mínimos de cada critério.

Foi possível, então, chegar à matriz de consequências apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Matriz de consequências

Número	Alternativas/ Critérios	Dívida Líqu./PL	Dívida Líqu./Ebitda	Passivos/ativos	Segmento	Nível da operação	ICJ	Liquidez corrente	CAGR LL 5 anos
1	Petrobrás	0,60	0,89	0,64	Petróleo, gás e biocombustíveis	Internacional	13,08	0,96	37,04%
2	Vale	0,30	0,93	0,58	Materiais básicos	Internacional	11,82	1,01	27,82%
3	Ambev	-0,16	-0,51	0,33	Consumo não cíclico	Internacional	10,30	0,89	5,69%
4	WEG	-0,24	-0,60	0,43	Bens industriais	Internacional	4,98	1,92	33,77%
5	Eletrobrás	0,37	2,44	0,58	Utilidade pública	Nacional	1,04	1,76	-19,26%
6	Suzano	1,25	3,62	0,69	Materiais básicos	Internacional	4,19	2,61	67,37%
7	Localiza	1,19	3,01	0,69	Consumo cíclico	Nacional	2,00	0,96	22,33%
8	Blau	0,10	0,55	0,35	Saúde	Nacional	7,21	4,63	15,18%
9	Copasa	0,49	1,44	0,47	Utilidade pública	Estadual	7,67	1,26	18,97%
10	Braskem	5,78	9,57	0,96	Materiais básicos	Internacional	0,43	1,53	4,00%
11	Empresa M	0,00	0,00	0,00	Saúde	Internacional	15,00	5,00	80,00%
12	Empresa P	10,00	10,00	3,00	Consumo cíclico	Municipal	0,00	0,50	-10,00%

Fonte: O autor

Com os valores das escalas construídas, chegou-se à matriz apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Matriz de consequências com escala construída

Número	Alternativas/ Critérios	Dívida Líqu./PL	Dívida Líqu./Ebitda	Passivos/ativos	Segmento	Nível da operação	ICJ	Liquidez corrente	CAGR LL 5 anos
1	Petrobrás	5	5	3	2	5	5	1	5
2	Vale	5	5	4	2	5	5	2	5
3	Ambev	5	5	5	4	5	5	1	2
4	WEG	5	5	4	3	5	5	4	5
5	Eletrobrás	5	4	4	5	4	2	4	1
6	Suzano	4	4	3	2	5	5	5	5
7	Localiza	4	4	3	1	4	4	1	5
8	Blau	5	5	5	5	4	5	5	4

9	Copasa	5	5	4	5	2	5	2	4
10	Braskem	1	1	2	2	5	1	3	2
11	Empresa M	5	5	5	5	5	5	5	5
12	Empresa P	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: O autor (2025)

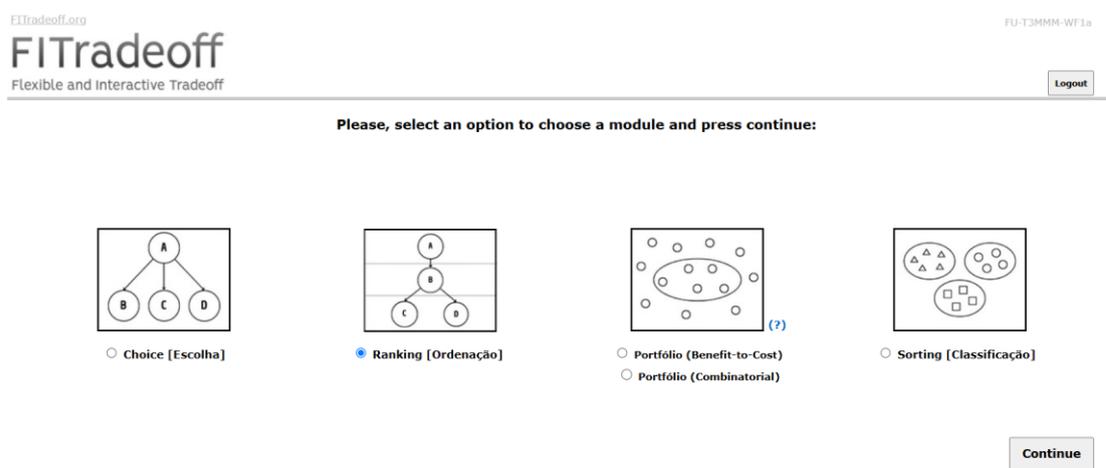
A partir desses dados tratados, foi possível ter clareza quanto aos principais aspectos necessários para o método (os critérios, as alternativas e seus respectivos valores), o que torna possível a utilização do FITradeoff, cuja base conceitual e matemática foi explicada anteriormente, detalhada no próximo capítulo. Após a aplicação, espera-se um ranking das alternativas, que é de pouco valor para este trabalho e um range de valores que delimitam as potenciais constantes de escala, que são o objetivo da aplicação do FITradeoff, para que assim se possa chegar a uma fórmula capaz de fornecer notas para as empresas avaliadas.

4 APLICAÇÃO DO MÉTODO FITRADEOFF

4.1 Aplicação no SAD do FITradeoff

Para aplicação do método FITradeoff ao problema em questão, os dados apresentados na Tabela 4 foram inputados no Sistema de Apoio a Decisão (SAD) do FITradeoff, disponível no link www.cdsid.org.br/fitradeoff. Conforme dito anteriormente, foi feita a escolha pela problemática de ordenação, por conta do range mais estreito para os pesos dos critérios.

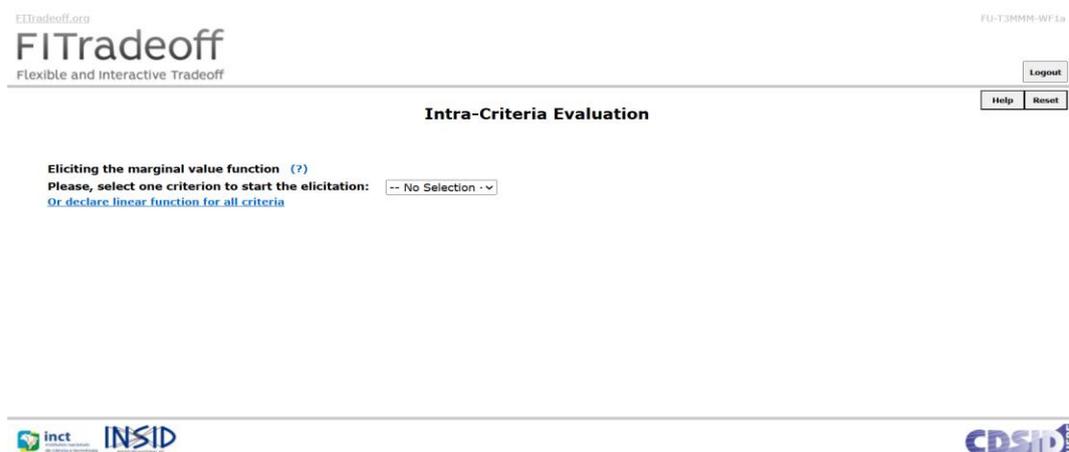
Figura 1 – Escolha do tipo de problema



Fonte: O autor (2025)

Na etapa de avaliação intracritério, foi declarada a linearidade para a função de valor marginal de todos os critérios, o que significa que um aumento de 1 para 2 na escala construída vale tanto quanto um aumento de 4 para 5. Essa é uma declaração bastante fidedigna para este trabalho, ainda mais levando em conta que a escala já foi construída pensando nisso.

Figura 2 – Avaliação Intracritério

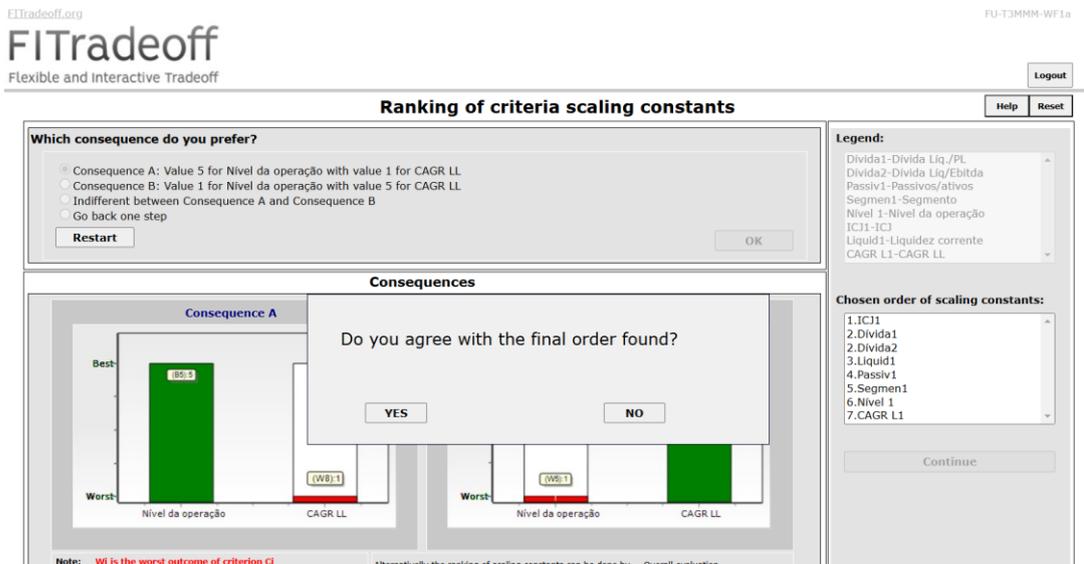


Fonte: O autor (2025)

Passada a avaliação intracritério, o sistema busca uma primeira ordenação dos

critérios, que já possibilita a obtenção do espaço de pesos inicial. Tendo isso em vista, ele faz perguntas sobre quais consequências o decisor prefere, sempre com dois critérios envolvidos em cada consequência. A consequência A tem valor máximo no critério 1 e valor mínimo no critério 2, enquanto a consequência B tem valor mínimo no critério 1 e valor máximo no critério 2. Quando uma consequência é escolhida, é admitida a preferência por um dos dois critérios. A Figura 3 mostra um exemplo. Foram respondidas perguntas que possibilitaram uma ordenação dos critérios.

Figura 3 – Ranking dos critérios



Fonte: O autor (2025)

A ordem encontrada foi a da Tabela 5.

Tabela 5 – Ordem de preferência dos critérios

Ordem	Critério
1	ICJ
2	Dívida Líq./PL
3	Dívida Líq/Ebitda
4	Liquidez corrente
5	Passivos/ativos
6	Segmento
7	Nível da operação
8	CAGR LL

Fonte: O autor (2025)

A ordem encontrada, é válido destacar, não significa necessariamente que tais critérios são os mais importantes. A ordem reflete meramente as preferências do decisor, o que por sua vez deve refletir o que ele considera mais relevante na redução do risco de crédito das empresas. Tal preferência pode variar não apenas de decisor para decisor, mas também para um mesmo decisor a depender do setor, do porte da empresa, do espaço de consequências e outras características.

Com a ordem dos critérios encontrada, o sistema fornece as possibilidades de

realização da elicitación por decomposição ou da avaliação holística. O decisor optou pela realização da elicitación por decomposição, cuja estrutura é semelhante à da ordenação dos critérios mostrada na Figura 3. Da mesma forma, as perguntas são feitas com a utilização de duas consequências, cada uma com valores de dois critérios. A grande diferença reside no fato de que agora busca-se delimitar mais a relação entre as constantes de escala, enquanto na primeira etapa o objetivo era apenas de selecionar qual a ordem entre elas. Isso é feito modificando os valores dos critérios. Se antes, conforme explicado, a consequência A tinha necessariamente maior valor de um critério e menor valor de outro e a consequência B o inverso, agora esses valores não se restringem ao máximo e mínimo, variando dentre as possibilidades estabelecidas pela escala construída (de 1 a 5), o que pode ser observado na Figura 4. As respostas vão restringindo o espaço de pesos, até que se possa chegar em uma ordenação. Foi feita, então, a elicitación por decomposição.

Figura 4 – Elicitación por decomposição

The screenshot shows the FITradeoff interface. At the top, it says 'FITradeoff.org' and 'Flexible and Interactive Tradeoff'. The main heading is 'Which consequence do you prefer?'. Below this, there are four radio button options for 'Choose one of the Options:'. The first option, 'Consequence A: Value 3 for ICJ with value 1 for CAGR LL', is selected. Below the options is an 'OK' button. To the right, there are 'Help' and 'Reset' buttons, and a 'Logout' button in the top right corner. On the right side of the interface, it shows 'Questions Answered: 0' and 'Number of levels: 6', with a 'Show Current Results' button. The main content area is titled 'Consequences' and contains two bar charts. The first chart, 'Consequence A', shows a blue bar for 'ICJ' with a value of 3 (labeled 'X(3):3') and a red bar for 'CAGR LL' with a value of 1 (labeled 'W(1):1'). The second chart, 'Consequence B', shows a red bar for 'ICJ' with a value of 1 (labeled 'W(1):1') and a green bar for 'CAGR LL' with a value of 5 (labeled 'X(5):5'). A note at the bottom states: 'Note: W is the worst outcome of criterion C; X is a outcome in between best and worst of criterion C'.

Fonte: O autor (2025)

A Figura 4 mostra uma consequência com o valor 3 para ICJ e 1 para CAGR LL e outra com valor 1 para ICJ e 5 para CAGR LL. Com a escolha da consequência A, o sistema entende que mesmo a consequência gerada com um valor intermediário do ICJ e mínimo do CAGR LL é mais importante, para o decisor, do que a consequência gerada com o valor mínimo do ICJ e máximo do CAGR LL. Isso permite estreitar a relação entre as constantes de escala dos respectivos critérios.

O sistema gerou apenas 16 perguntas até encontrar uma ordenação adequada, que pode ser vista na Figura 5.

Figura 5 – Ranking das alternativas

Results

Ranking		Questions Answered: 16
Ranking Position	Alternatives	
1	[Empresa M]	
2	[Blau]	
3	[WEG]	
4	[Vale]	
5	[Ambev, Copasa]	
6	[Petrobrás]	
7	[Suzano]	
8	[Eletrobrás]	
9	[Localiza]	
10	[Braskem]	
11	[Empresa P]	

Note:

*The brackets separate the alternatives in each position; alternatives within the same bracket are equivalent.

Exporting Options

Scaling constants boundaries graph
Dominance Matrix

Sensitivity Analysis

Fonte: O autor (2025)

Foi dito anteriormente que as Empresas M e P são fictícias e foram usadas a fim de determinar os valores máximos e mínimos das constantes de escala. Esperava-se, portanto, que a Empresa M fosse a melhor e a Empresa P a pior, o que ocorreu. Na Tabela 4 pode-se notar, também, as excelentes notas da alternativa Blau e péssimas notas da alternativa Braskem, o que também se refletiu no Ranking. É fundamental destacar, entretanto, que o objetivo do autor não é definir tal ordem como necessariamente a verdadeira, tampouco fazer recomendações de investimentos. A ordem foi gerada partindo de premissas que poderiam ser alteradas (os critérios escolhidos poderiam ser outros e o objetivo do trabalho foi escolher alguns importantes e que fizessem sentido, sem o objetivo de apresentá-los como os mais importantes ou fazer um estudo aprofundado sobre eles) e preferências que poderiam ser alteradas.

Apesar da relevância da ordenação e ela poder ser utilizada para um decisor preocupado em escolher empresas dentre um conjunto de alternativas, não é ela que importa para os fins desse trabalho, mas sim os pesos, e por isso foi feita a extração dos dados via Excel, em que o sistema fornece os resultados e os pesos. Os resultados dos pesos foram os mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Constantes de escala

Critérios	ICJ	Dívida Líq./PL	Dívida Líq./Ebitda	Liquidez corrente	Passivos/ativos	Segmento	Nível da operação	CAGR LL	Total
Máximo	0,28	0,26	0,26	0,12	0,12	0,05	0,05	0,05	1,19
Mínimo	0,21	0,21	0,21	0,09	0,07	0,02	0,01	0,01	0,83
Média	0,245	0,235	0,235	0,105	0,095	0,035	0,03	0,03	1,01
Ajustado	0,243	0,233	0,233	0,104	0,094	0,035	0,030	0,030	1

Fonte: O autor (2025)

As duas primeiras linhas da Tabela 6 mostram, respectivamente, os valores máximos e mínimos dos pesos, dados pelo sistema. Entretanto, como busca-se, no trabalho, chegar a uma fórmula específica que possibilite o cálculo das notas das empresas, é necessário ter valores determinados das constantes de escala, e não um range. Isso poderia ser feito de algumas maneiras, como baseado apenas no valor máximo ou apenas no valor mínimo. Para uso das duas informações, o decisor preferiu realizar a média aritmética entre os dois valores. A terceira linha, portanto, veio de um cálculo da média, para que fosse possível chegar em um só valor. Resolvido um problema, há ainda outro: a soma das médias é superior a um. A última linha foi um ajuste, levando isso em consideração, realizando a divisão do valor da média de cada critério por 1,01 e chegando no peso final. Assim, chega-se ao valor final dos pesos.

4.2 Cálculo dos Ratings

Bem estabelecidos os critérios, alternativas e respectivos valores, para que seja possível dar as notas e classificar as empresas, bem como identificar o que significam, de forma mais clara, as notas que serão obtidas, faz-se relevante a explicitação das possibilidades e respectivas descrições. Para tanto, o autor se baseou na classificação de ratings da Standard & Poor's (S&P), renomada agência de ratings, de acordo com imagem disponível no site da empresa (<https://www.spglobal.com/ratings/pt/about/understanding-ratings>).

Tabela 7 – Ratings

Rating	Score	Descrição
AAA	0,9 a 1	Capacidade extremamente forte de cumprir compromissos financeiros.
AA	0,8 a 0,9	Capacidade muito forte de cumprir compromissos financeiros.
A	0,7 a 0,8	Forte capacidade de cumprir compromissos financeiros, mas um tanto suscetível às condições econômicas e às mudanças nas circunstâncias.
BBB	0,6 a 0,7	Capacidade adequada para cumprir compromissos financeiros, embora mais sujeito a condições econômicas adversas.
BB	0,5 a 0,6	Menos vulnerável no curto prazo, mas enfrenta grandes incertezas contínuas em relação a condições comerciais, financeiras e econômicas adversas.
B	0,4 a 0,5	Mais vulnerável a condições comerciais, financeiras e econômicas adversas, mas atualmente tem capacidade para cumprir compromissos financeiros.
CCC	0,3 a 0,4	Atualmente vulnerável e dependente de condições comerciais, financeiras e econômicas favoráveis para cumprir compromissos financeiros.
CC	0,2 a 0,3	Altamente vulnerável; o default ainda não ocorreu, mas espera-se que seja praticamente certo.

C	0,1 a 0,2	Atualmente altamente vulnerável ao não pagamento, e espera-se que a recuperação final seja menor do que a de obrigações avaliadas com rating mais alto.
D	0 a 0,1	Default do pagamento de um compromisso financeiro ou violação de uma promessa imputada; também usado quando a empresa decreta falência.

Fonte: O autor (2025).

A Tabela 7 mostra uma adaptação da referida imagem, de acordo com metodologia da S&P. A primeira coluna mostra as possíveis classificações de ratings, que dependem dos valores numéricos calculados. Estes valores constam na segunda coluna, que englobam todas as possibilidades no presente trabalho, dada a existência da normalização dos valores dos critérios e ajuste para que a soma dos pesos também seja igual a 1, conforme explicado posteriormente. Por fim, a terceira coluna dá uma descrição do que significa cada nota. É válido notar que no rating com nota D já assume a existência do não pagamento (default), o que ocorre porque a classificação da S&P leva isso em conta. No caso do presente trabalho, a existência de inadimplência não foi usada como critério e existe a possibilidade teórica de nota D mesmo sem existência de default. Isso, entretanto, não tem relevância, dado que a ideia da descrição foi trazer apenas maior clareza acerca do significado das notas para maior compreensão, sem a necessidade de uma interpretação literal delas.

Apesar de os valores da Tabela 4 serem os colocados no sistema, para fins de cálculo das notas das empresas utilizadas, é necessário que seja feita a normalização dos valores, conforme método usada pelo autor. O cálculo de normalização foi o utilizado para normalizar consequência no modelo aditivo, em escala intervalar, conforme explicado por de Almeida (2013), que consiste em uma subtração do valor do critério pelo valor mínimo dele, dividido pela subtração entre os valores máximo e mínimo dele. De forma mais clara, podemos usar como exemplo o valor do critério segmento na alternativa Petrobrás, que é de 2 na Tabela 4. Como os valores máximo e mínimo para o critério segmento, também de acordo com a Tabela 4, são 5 e 1 respectivamente, o cálculo realizado é $(2 - 1) / (5 - 1) = 0,25$. O resultado de todos esses cálculos é apresentado na Tabela 8. A Tabela 8 também apresenta, em sua primeira linha, os pesos de cada critério, apresentados anteriormente na Tabela 6. Com os pesos e valores em cada critério, foi possível chegar ao rating de cada empresa. As notas ficam claras nas últimas duas colunas, com a penúltima apresentando o Score calculado (que é o somatório, para cada alternativa, da multiplicação dos pesos dos critérios pelos respectivos valores de cada critério) e a última o respectivo rating para esse Score, conforme definido na Tabela 7.

Tabela 8 – Matriz de consequências normalizada

Pesos	0,23	0,23	0,09	0,03	0,03	0,24	0,10	0,03	#	#
Alternativas/ Critérios	Dívida Líqu./PL	Dívida Líqu./Ebitda	Passivos/ativos	Segmento	Nível da operação	ICJ	Liquidez corrente	CAGR LL	Score	Rating
Empresa M	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	AAA
Blau	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,99	AAA
WEG	1,00	1,00	0,75	0,50	1,00	1,00	0,75	1,00	0,93	AAA
Vale	1,00	1,00	0,75	0,25	1,00	1,00	0,25	1,00	0,87	AA
Copasa	1,00	1,00	0,75	1,00	0,25	1,00	0,25	0,75	0,87	AA
Ambev	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,00	0,25	0,87	AA
Petrobrás	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	1,00	0,00	1,00	0,82	AA
Suzano	0,75	0,75	0,50	0,25	1,00	1,00	1,00	1,00	0,81	AA
Eletrobrás	1,00	0,75	0,75	1,00	0,75	0,25	0,75	0,00	0,67	BBB
Localiza	0,75	0,75	0,50	0,00	0,75	0,75	0,00	1,00	0,63	BBB
Braskem	0,00	0,00	0,25	0,25	1,00	0,00	0,50	0,25	0,12	C
Empresa P	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	D

Fonte: O autor (2025)

4.3 Discussão dos resultados

A aplicação do método FITradeoff gerou um ranking das alternativas, permitindo observar a ordenação das empresas com base nas preferências e pesos atribuídos aos critérios. Mais do que a simples ordenação das alternativas, os resultados fornecem um espaço de pesos que delimita as constantes de escala atribuídas a cada critério, refletindo as preferências do decisor. Isso significa que, além de identificar as melhores opções, a análise também revela quais critérios tiveram maior impacto na avaliação das empresas.

Primeiro, é relevante destacar a razão para a não utilização de um problema de classificação em vez de ordenação, que pode parecer mais alinhado após a classificação das empresas nos ratings. Isso se deve ao objetivo principal deste trabalho, que é fornecer uma abordagem que possa ser utilizada para determinar o rating de qualquer empresa, além de o interesse de chegar, além da classificação, nos scores calculados e mostrados na Tabela 8. Se o problema de classificação fosse utilizado, o FITradeoff forneceria espaços de pesos menos estreitos, com o objetivo apenas de classificar as 10 empresas selecionadas como alternativas de acordo com as categorias mostradas na Tabela 7, de forma que a utilidade do trabalho se restringiria a estas empresas e haveria menos confiança no score exato de cada uma delas. No entanto, o trabalho visa o uso destas empresas apenas para chegar aos pesos, que então poderão ser aplicados a qualquer empresa que se deseje analisar, de maneira que o problema de ordenação se mostrou mais adequado.

A interpretação dos ratings obtidos deve considerar a coerência interna do modelo e a relação entre os critérios estabelecidos. Como cada critério foi normalizado dentro de uma escala construída, a manutenção dessa escala é fundamental para a validade

de cálculos futuros. Qualquer alteração nos intervalos definidos pode comprometer a comparação entre ratings, tornando o modelo inconsistente ao longo do tempo. Por exemplo, se for estabelecida uma escala até 7 para o critério ICJ, ainda que os demais se mantenham, os pesos encontrados neste trabalho deixam de ser válidos, dado que toda a comparação depende das escalas construídas e mudanças nelas se refletiriam em diferentes perguntas e diferentes respostas dentro do modelo.

Relevante na influência da escala na interpretação dos resultados também são os intervalos de valores reais representados pelos valores da escala construída. Qualquer ajuste nela pode impactar significativamente os ratings. Por exemplo, se no futuro um critério tiver sua escala ajustada para considerar uma distribuição diferente dos intervalos de classificação, isso pode modificar as relações de preferência estabelecidas e afetar a comparação entre empresas.

Além disso, é importante reforçar mais uma vez que os pesos resultantes da aplicação do FITradeoff refletem a percepção do decisor no momento da elicitação. Mais do que pesos específicos, o trabalho apresenta uma nova abordagem para o cálculo das notas de crédito, que pode ser utilizada por novos decisores refletindo suas preferências. Assim, para garantir consistência na aplicação futura do modelo, é recomendável que, em novos processos de avaliação, seja realizada uma revisão dos pesos para verificar se eles ainda representam adequadamente as preferências do decisor. Caso contrário, o modelo deve ser recalibrado para manter sua confiabilidade.

O passo a passo para a aplicação da abordagem pode ser bem seguido pelo explicado neste trabalho. Em resumo, devem ser escolhidas empresas que reflitam bem o que se quer avaliar, critérios que um especialista ache importante - se atentando para que não sejam redundantes e possam ser medidos adequadamente – e as escalas adequadas destes critérios. Com isso bem definido, deve-se colocar os dados no SAD do FITradeoff (há a opção de depositar uma planilha com os dados, com um modelo dela disponibilizado no SAD, ou colocar os dados manualmente dentro do próprio SAD) e responder às perguntas, que gerarão o ranking e o range de pesos. Após isso, deve-se usar alguma estratégia para ter os pesos definidos e não em intervalos, como a média ajustada explicada no capítulo 4.

Ademais, como alterações nas preferências e nas análises dos critérios são dinâmicas, uma rotina de reutilização da abordagem para manter o rating sempre atualizado é necessária. Esta rotina pode depender das necessidades específicas da empresa e percepções dos envolvidos (uma notável evolução nos conhecimentos dos critérios após um estudo aprofundado, por exemplo, poderia justificar uma reutilização em curto espaço de tempo), mas sugere-se uma frequência trimestral ou semestral, a

fim de que a abordagem possa ser suficientemente testada, com potenciais melhorias ficando mais claras com o uso e os resultados, ao mesmo tempo que permita a readequação e efetiva melhoria.

É relevante destacar que os resultados também podem ser utilizados para validar abordagens tradicionais de cálculo de ratings. Ao comparar os ratings obtidos pelo modelo FITradeoff com aqueles atribuídos por agências especializadas, é possível identificar discrepâncias e avaliar a necessidade de ajustes no modelo utilizado pelo mercado ou no modelo próprio pelo método. Isso reforça a relevância da abordagem multicritério na busca por avaliações mais robustas e alinhadas com as preferências dos decisores.

Apesar da possibilidade de utilização também por investidores comuns, é preciso se atentar sobre o conhecimento financeiro que embasa as preferências. Um investidor comum sem um bom embasamento pode determinar preferências de forma completamente arbitrária e que não representem os reais riscos de crédito de uma empresa. Isso, por sua vez, pode levar a ratings ruins e que não tenham valor real, servindo como um guia falso e prejudicando o investidor em vez de ajudá-lo. É preciso uma análise verdadeira dos próprios conhecimentos para que a utilização do modelo seja realmente válida.

Dessa forma, a discussão dos resultados confirma a importância da utilização de um método estruturado e adaptável, garantindo que a avaliação dos ratings de crédito seja realizada com consistência, transparência e validade ao longo do tempo.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho abordou a utilização do método FITradeoff como uma alternativa estruturada para o cálculo de ratings de crédito, destacando sua capacidade de integrar diferentes critérios e reduzir vieses cognitivos na tomada de decisão. Os resultados demonstraram que a abordagem multicritério proporciona uma avaliação mais transparente e flexível, permitindo ajustes conforme mudanças nas preferências dos decisores ou na conjuntura econômica.

A discussão dos resultados evidenciou a importância da manutenção da escala utilizada no modelo, pois qualquer alteração nos intervalos definidos pode comprometer a validade e comparabilidade dos ratings. Além disso, foi ressaltada a necessidade de revisão periódica dos pesos atribuídos aos critérios, garantindo que o modelo continue refletindo corretamente a realidade do mercado e as preferências dos tomadores de decisão.

Em termos práticos, a aplicação do FITradeoff pode beneficiar tanto instituições financeiras quanto investidores individuais, proporcionando uma abordagem mais precisa, mais confiável e menos custosa, tanto em tempo quanto em recursos e complexidade, para avaliação de risco de crédito.

5.1 Limitações deste trabalho e potenciais melhorias

Como comentado ao longo deste trabalho, seu objetivo foi introduzir uma nova abordagem para o cálculo dos ratings. Algumas limitações, no entanto, surgem e podem ser tópicos de trabalhos futuros visando melhorias e maior compreensão do tema. Exemplos, que não buscam ser extensivos, mas apenas ilustrativos, são discutidos a seguir.

Primeiro, quanto ao método, sugere-se a exploração de outras técnicas de apoio à decisão, que podem ser comparadas com a presente abordagem, mostrando vantagens e desvantagens e criando opções de diferentes métodos para o decisor. Cada método possui sua peculiaridade e a escolha do FITradeoff teve como grandes trunfos a flexibilidade e o baixo esforço mental, enquanto outras possibilidades podem demonstrar melhorias em aspectos diferentes.

Outro ponto de desenvolvimento se refere à investigação da aplicação deste modelo em diferentes setores econômicos, ampliando sua validade e aplicabilidade. O cálculo de ratings neste trabalho foi feito de uma maneira geral, para empresas de qualquer setor, mas podem ser feitas abordagens semelhantes para setores específicos, a fim de que os pesos encontrados sejam úteis apenas naquele contexto. Por exemplo, os custos da construção civil podem ser adicionados em um rating que

trate de empresas do segmento imobiliário, mas tem pouca relevância em empresas que fazem o gerenciamento de hospitais. O mesmo vale para outras especificidades, como o tamanho, o país ou qualquer subdivisão desejada.

Uma análise mais detalhada de quais são os critérios adequados para entrarem no modelo também é ponto de melhoria, dado que a presente pesquisa concentrou-se majoritariamente na abordagem, com menor preocupação com o fato de os critérios serem adequados. Naturalmente, o conhecimento e a pesquisa do autor foram utilizados para o estabelecimento de critérios razoáveis, mas um estudo mais aprofundado deles faz-se necessário para notas que correspondam melhor à realidade, aumentando a confiabilidade dos ratings. Isso também é relevante para que critérios correlacionados, que poderiam ser unidos em um só, não sejam contabilizados de forma separada, o que pode acarretar em uma consideração dupla de aspectos semelhantes sem que o decisor perceba, prejudicando a análise.

Por último, futuros trabalhos poderia trazer comparações dos ratings calculados pela abordagem deste trabalho com ratings de agências consolidadas, verificando a aderência da metodologia aos modelos mais complexos usados por essas empresas. Esses esforços podem indicar pontos de melhoria e maior rigor nas análises, aperfeiçoando o uso do FITradeoff para o cálculo ao mesmo tempo que mantém sua simplicidade quando compara aos métodos destas grandes empresas.

5.2 Relação com a Engenharia de Produção

É importante também discutir as relações do trabalho com a Engenharia de Produção à luz dos tópicos que o fundamentaram, a saber, a Engenharia Econômica e Financeira e os Métodos de Apoio à Decisão Multicritério. Quanto ao primeiro, trata-se de tópico que desempenha um papel fundamental na Engenharia de Produção ao fornecer ferramentas para avaliar a viabilidade econômica de projetos, otimizar investimentos e gerenciar custos ao longo do ciclo de vida dos produtos e processos. No presente contexto, foi utilizado para embasar a aplicação do FITradeoff através principalmente dos indicadores financeiros usados como critérios, mas por meio da análise de fluxo de caixa, taxas de retorno, valor presente líquido e outros indicadores, os engenheiros de produção podem tomar decisões mais embasadas, considerando não apenas a eficiência técnica, mas também os impactos financeiros.

Já os Métodos de Apoio à Decisão Multicritério são amplamente utilizados na Engenharia de Produção para lidar com problemas complexos que envolvem múltiplos objetivos conflitantes, como custo, qualidade, tempo e impacto ambiental. Técnicas

diversas, conforme comentado ao longo do texto, auxiliam na priorização de alternativas, seleção de fornecedores, escolha de processos produtivos e localização de instalações, permitindo a consideração simultânea de fatores qualitativos e quantitativos. O problema discutido na pesquisa, com seus múltiplos critérios relevantes, pôde ser tratado como um problema de decisão multicritério, de maneira que, com o uso do FITradeoff, a Engenharia de Produção foi essencial na sua solução.

Dessa forma, este estudo reforça a importância do uso de métodos estruturados na avaliação de ratings de crédito, contribuindo para um mercado financeiro mais eficiente, confiável e adaptável às dinâmicas econômicas em constante evolução.

REFERÊNCIAS

- Altman, E.I., Sabato, G., Wilson, N. The value of non-financial information in small and medium-sized enterprise risk management. *The Journal of Credit Risk*. Vol. 6, No 2, p. 1-33 (2010).
- Angillela, S., Mazzù, S. The financing of innovative SMEs: A multicriteria credit rating model. *European Journal of Operational Research*, Vol. 244, No. 2, p. 540-554 (2015).
- Belton, V., & Stewart, T. (2012). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media.
- Birge, J. R., Linetsky, V. Call for Papers. *Naval Research Logistics*, Vol. 51, No. 1, p. 153 (2004).
- Brans, J.P., Vincke, Ph., Mareschal, B. How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research*, Vol. 24, No. 2, p. 228-238 (1986).
- Cauchick, P. A. *Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.
- De Almeida, Adiel. *Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério*. São Paulo: Atlas, 2013
- De Almeida, A. T., de Almeida, J. A., Costa, A. P. C. S., de Almeida-Filho, A. T. A New Method for Elicitation of Criteria Weights in Additive Models: Flexible and Interactive Tradeoff. *European Journal of Operational Research*, v. 250, p. 179-191, (2016).
- De Almeida A. T., Frej, E.A., Roselli, L.R.P, Costa, A.P.C.S. A summary on FITradeoff method with methodological and practical developments and future perspectives. *Pesquisa Operacional*. p. 1-25 (2023)
- De Almeida, A.T., Frej, E.A. & Roselli, L.R.P. Combining holistic and decomposition paradigms in preference modeling with the flexibility of FITradeoff. *Cent Eur J Oper Res*29, 7–47 (2021).
- Driss, H., Massoud, N., Roberts, G. S. Are credit rating agencies still relevant? Evidence on certification from Moody's credit watches. *Journal of Corporate Finance*, Vol. 59, p. 119-141 (2019).
- Ferreira, R. G. *Matemática financeira aplicada: mercado de capitais, administração financeira, finanças pessoais*. 8ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- Fischer, T. Market structure and rating strategies in credit rating markets – A dynamic model with matching of heterogeneous bond issuers and rating agencies. *Journal of Banking and Finance*, Vol. 58, p. 39-56 (2015).
- Frej, E.A., de Almeida, A.T., Costa, A.P.C.S. Using data visualization for ranking alternatives with partial information and interactive tradeoff elicitation. *Operational Research*, Vol. 19, p. 909-931 (2019).
- Gil, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- Greenwood, J., Smith, B.D. Financial markets in development, and the development of financial markets. *Journal of Economics Dynamics and Control*. Vol. 21, p. 145-181

(1997).

Iorgachova, M., Kovalova, O., Plets, I. Financial Engineering as a tool for the development of corporate bond market in eastern Europe on the example of Ukraine. *Baltic Journal of Economic Studies*, Vol. 4, No. 4, p. 120-125 (2018).

Kahraman, C, Çevik, O., Öztayşi B. Fuzzy Multicriteria Decision-Making: A Literature Review. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, Vol. 8, No. 4, p. 637-666 (2015).

Kang, T.H.A, Júnior, A.M.D.C.S, De Almeida, A.T.. Evaluating electric power generation technologies: A multicriteria analysis based on the FITradeoff method. *Energy*, 165: 10–20 (2021).

Kaur, J., Vij, M., Chauhan, A.K. Signals influencing corporate credit ratings—a systematic literature review. *Decision*, Vol. 50, No. 1, p. 91–114 (2023).

Keeney, R.L. e Raiffa, H. *Decision making with multiple objectives, preferences and value tradeoffs*. New York: Wiley, 1976.

Mankiw, N. G. *Introdução à economia*. 6ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

Marconi, M. A., Lakatos, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. 5ed. São Paulo: Atlas, 2003.

Montibeller, G., von Winterfeldt. Cognitive and Motivational Biases in Decision and Risk Analysis. *Risk Analysis*. Vol. 35, No. 7, p. 1230-1251 (2015).

Pattari, E., Karell, V., Luuka, P., Yeomans, J. S. Comparison of the multicriteria decision-making methods for equity portfolio selection: The U.S. evidence. *European Journal of Operational Research*, Vol. 265, No. 2, p. 655-672 (2018).

Pessoa, M.E.B.T, Roselli, L.R.P, de Almeida, A.T. Using the FITradeoff Decision Support System to Support a Brazilian Compliance Organization Program. *Information Systems Frontiers*. Vol. 26, p. 575-590 (2024).

Rahman, Md. K., Akim, M. *Microeconomics - Basics: New Way Learning Microeconomics in the 21st Century Era*. 2019

Ribeiro, M.L.S, Roselli, L.R.P, Frej, E.A, de Almeida, A.T., Morais, D.C. Using the FITradeoff method to solve a shopping mall location problem in the northeastern countryside of Brazil. *Control and Cybernetics*. Vol. 50, p. 109-126 (2021).

Ross, S. A., Westerfield, R. W., Jaffe, J., Lamb, R. *Administração financeira: versão brasileira de corporate finance*. 10ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.

Tang, T. T. Information asymmetry and firms' credit market access: Evidence from Moody's credit rating format refinement. *Journal of Financial Economics*, Vol. 93, No. 2, p. 325-351 (2009).

Tversky, A., Kahneman, D. Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases: Biases in judgments reveal some heuristics of thinking under uncertainty. *Science*. Vol. 185 (1124-1131).

Ward, E., Hutton, B.F. SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement. *Organizational Behavior and Human Decision*

Processes. Vol. 60, No. 3, p. 306-325 (1994).

Zamlynskyi, V., Anastasiia, Z., V. Antonov, A. A conceptual framework to apply financial engineering at the enterprise. *Baltic Journal of Economic Studies*, Vol. 5, No. 1, p. 68-74