

**PEDRO PEREIRA BRAGA**

**Aplicação de método multicritério de apoio a tomada de decisão para  
aprimoramento da rentabilidade em empresa industrial**

**São Paulo  
2022**



**PEDRO PEREIRA BRAGA**

**Aplicação de método multicritério de apoio à tomada de decisão para  
aprimoramento da rentabilidade em empresa industrial**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para obtenção do diploma  
de Engenheiro de Produção.

Orientador: Professor Doutor Mauro de Mesquita  
Spinola

**São Paulo  
2022**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Braga, Pedro Pereira**

**Aplicação de método multicritério de apoio à tomada de decisão para aprimoramento da rentabilidade em empresa industrial / P. P. Braga. – São Paulo, 2022.**

**101 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1. Processo de tomada de decisão. 2. Métodos multicritério. 3. ELECTRE III. 4. Rentabilidade financeira industrial.**

**I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. Título.**



## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Mauro, pelo apoio e orientação durante toda essa jornada. Desde que trabalhamos juntos pela primeira vez, em 2019, senti que foi criado um laço de confiança, o qual apenas se reforçou ao longo da realização deste trabalho. Obrigado por me aceitar como seu orientado, por ter me guiado e aconselhado em momentos de dúvida.

A todos os meus colegas de trabalho, com quem tive a oportunidade de trabalhar durante meu estágio realizado na Fábrica de Rótulos da Ambev. A colaboração e o apoio de vocês foi essencial para a realização e conclusão deste trabalho. Obrigado pelo voto de confiança no meu esforço.

À minha família pelo amor e carinho incondicional, bem como pelo suporte nos momentos difíceis. Agradeço aos meus pais, que sempre se esforçaram para que eu tivesse as melhores oportunidades e me inspiraram a seguir o caminho que escolhi. E à minha irmã, que apesar das diferenças, sempre conseguiu animar meu espírito e me motivar a seguir em frente. Obrigado por sempre estarem comigo para celebrar os momentos de vitórias e conquistas.

Aos meus grandes amigos e colegas de faculdade, tanto do curso de engenharia de produção, quanto de outros cursos. Graças a vocês, a vivência universitária será inesquecível para o resto de minha vida. Muito obrigado por todos os momentos únicos de alegria e diversão, e por terem sido parceiros tão importantes durante meu desenvolvimento pessoal e acadêmico.

Enfim, foram muitas as contribuições para a realização deste trabalho, seja direta ou indiretamente. Sou grato a todas elas, pois foi por causa disso que consegui chegar até a linha de chegada. A todos que fizeram parte da minha jornada na Escola Politécnica da USP, meus mais sinceros agradecimentos.

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”*

*Madre Teresa de Calcuta*





## RESUMO

BRAGA, Pedro Pereira. Aplicação de método multicritério de apoio à tomada de decisão para aprimoramento da rentabilidade em empresa industrial. 2022. Trabalho de Formatura – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Ao considerar o contexto de produção em uma empresa industrial, é evidente que decisões precisam ser tomadas frequentemente, em relação aos mais diversos assuntos. Quando se trata do caso da Fábrica de Rótulos da Ambev, a situação não poderia ser diferente, especialmente considerando cenários envolvendo a rentabilidade da fábrica (redução de seus custos variáveis industriais e aumento de suas fontes de receita). Problemas associados à melhoria de ganhos financeiros possuem extrema importância para a liderança da fábrica, e decisões acerca de tais problemas podem ter um grau de exigência elevado, o que justifica a necessidade de abordagens objetivas, precisas e assertivas. Por conta disso, o objetivo deste trabalho é propor um modelo multicritério de apoio à tomada de decisão, o qual possa contribuir para uma melhoria nos processos de tomada de decisão que existem dentro da Fábrica de Rótulos. Este trabalho apresenta uma abordagem teórica sobre métodos multicritérios, com destaque para o método ELECTRE III, aplicado no desenvolvimento do trabalho. Foi realizado um caso piloto, em colaboração com a liderança da fábrica, a fim de aplicar o método escolhido no contexto da fábrica analisada, de forma a avaliar resultados e gerar conclusões sobre a eficácia da aplicação. Para o caso piloto, foi utilizado o *software* J-ELECTRE, que auxiliou na aplicação do método ELECTRE III, além de uma planilha de elaboração própria, que contribuiu para a interpretação dos resultados obtidos pelo *software*. Ao final da realização do caso piloto, foram obtidos resultados satisfatórios para o problema proposto, os quais possibilitam a concepção de um plano de ação para implementação das iniciativas definidas. Logo, o caso piloto contribuiu para a proposição de um processo padronizado de tomada de decisão, passível de ser implementado na rotina da Fábrica de Rótulos e capaz de apoiar outras futuras decisões a serem tomadas pela liderança da fábrica.

**Palavras-chave:** processo de tomada de decisão, métodos multicritério, ELECTRE III, critérios, avaliação, ranqueamento.



## ABSTRACT

When considering the context of production in an industrial company, it's evident that decisions need to be made frequently, relating to various subjects. When it comes to the case of Ambev's Label Factory, the situation couldn't be different, especially considering scenarios involving the factory's profitability (variable industrial cost reduction and sources of revenue growth). Problems associated with the improvement of financial earnings have extreme importance to the factory's leadership, and decisions about such problems can have a high exigency degree, which justifies the need of objective, accurate and assertive approaches. For this reason the objective of this paper is to suggest a multicriteria method for decision aiding, which can contribute to an improvement in the decision making processes that exist in the Label Factory. This paper presents a theoretic approach of multicriteria methods, with emphasis on the method ELECTRE III, applied during the development of this paper. A pilot case was then carried out, in cooperation with the factory's leadership, with the intention of applying the chosen method in the context of the analyzed factory, in order to evaluate the results and make conclusions about the efficacy of the application. In the pilot case, the J-ELECTRE software was utilized, which assisted with the method ELECTRE III application, in addition to a self elaboration spreadsheet, that contributed to the interpretation of the results obtained by the software. At the end of the pilot case, satisfactory results to the proposed problem were obtained, which enabled the conception of an action plan for the implementation of the defined initiatives. Therefore, the pilot case contributed to the proposition of a standardized decision making process, capable of being implemented in the Label Factory's routine and able to support further future decisions to be made by the factory's leadership.

**Keywords:** decision making process, multicriteria methods, ELECTRE III, criteria, assessment, ranking.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desafios da geração de alternativas	32
Figura 2 - Macro etapas do processo de tomada de decisão	33
Figura 3 - Etapas detalhadas do processo decisório	34
Figura 4 - Tipos de problemáticas multicritério	40
Figura 5 - Fluxograma de desenvolvimento do estudo	46
Figura 6 - Tela inicial do <i>software</i> e seleção de um método	50
Figura 7 - Matriz para <i>input</i> de dados do usuário	51
Figura 8 - Matriz de <i>inputs</i> preenchida	52
Figura 9 - <i>Outputs</i> geradas pelo <i>software</i>	53
Figura 10 - Janela para salvar o arquivo após a resolução do <i>software</i>	54
Figura 11 - Matrizes de resultados geradas pelo <i>software</i>	55
Figura 12 - Menu de opções do <i>software</i>	59
Figura 13 - Imagem gráfica do ranqueamento ascendente	60
Figura 14 - Imagem gráfica do ranqueamento descendente	61
Figura 15 - Imagem gráfica do ranqueamento final	61
Figura 16 - Exemplo de preenchimento da aba “Cole a matriz de dominância”	63
Figura 17 - Exemplo da aba “Análise dos resultados” preenchida	63
Figura 18 - Tabuleiros de papelão	68
Figura 19 - Cartões brancos e pretos	69
Figura 20 - Exemplo de um cilindro de rotogravura	70
Figura 21 - Máquina impressora para processo em flexografia	71
Figura 22 - Bobinas de papel metalizado	72
Figura 23 - Equações matemáticas para as relações entre alternativas	77
Figura 24 - Dados inseridos no software J-ELECTRE	85
Figura 25 - Resultados matriciais do caso piloto	86
Figura 26 - Matriz de dominância do caso piloto	90
Figura 27 - Interpretação dos relacionamentos entre pares de alternativas	91
Figura 28 - Ranqueamento ascendente do caso piloto	92
Figura 29 - Ranqueamento descendente do caso piloto	93
Figura 30 - Ranqueamento final (médio) do caso piloto	94

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Resumo dos parâmetros de cada critério	78
Tabela 2 - Matriz de avaliação das iniciativas	79

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Pacotes que compõem o VIC da Fábrica de Rótulos	23
Quadro 2 - Elementos do processo decisório	30
Quadro 3 - Resumo das relações entre alternativas	42
Quadro 4 - Resumo das iniciativas levantadas	72
Quadro 5 - Resumo dos critérios escolhidos	73
Quadro 6 - Escalas das notas de avaliação para cada critério	74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMD	Apoio Multicritério à Decisão
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
MCDA	<i>Multicriteria Decision Aid</i>
MIP	Materiais Intermediários de Produção
MOD	Mão de Obra Direta
MP	Matérias Primas
VIC	<i>Variable Industrial Costs</i> (Custos Variáveis Industriais)



## LISTA DE SÍMBOLOS

$a$	Representação para uma alternativa qualquer de um conjunto
$A$	Conjunto de alternativas
$b$	Representação para uma segunda alternativa qualquer de um conjunto
$C$	Índice de concordância
$D$	Índice de discordância
$g_j(a)$	Avaliação de uma alternativa em um dado critério $G_j$
$G_j$	Representação de um critério do conjunto de critérios
$I$	Relação de Indiferença entre duas alternativas
$P/P+$	Relação de preferência estrita de uma alternativa sobre outra
$p_j$	Limite de preferência para um critério $G_j$
$P\alpha$	Problemática de seleção
$P\beta$	Problemática de classificação
$P\gamma$	Problemática de hierarquia
$P\delta$	Problemática de descrição
$q_j$	Limite de indiferença para um critério $j$
$Q/P-$	Relação de preferência fraca de uma alternativa sobre outra
$R$	Relação de incomparabilidade entre duas alternativas
$S$	Relação de sobreclassificação de uma alternativa $a$ sobre outra alternativa $b$
$v_j$	Limite de veto para um critério $j$
$w_j$	Peso de um critério $j$

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
1.1. Contexto e definição do problema abordado	20
1.1.1. Sobre a empresa Ambev S.A.	20
1.1.2. Custos e receitas da Fábrica de Rótulos	21
1.1.3. Problema abordado	24
1.2. Objetivo do trabalho	25
1.3. Motivação e Justificativa	26
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	28
2.1. Processo de tomada de decisão	28
2.1.1. Elementos do processo decisório	28
2.1.2. Etapas do processo decisório	32
2.2. Enfoque multicritério	36
2.2.1. Breve contexto histórico	37
2.2.2. Tipos de problemáticas	39
2.2.3. Modelagens de preferência e de compensação	41
2.3. Método ELECTRE III	43
2.3.1. Características da família ELECTRE	44
2.3.2. Características do próprio ELECTRE III	45
3. MÉTODO	46
3.1. Características gerais sobre o estudo	47
3.2. Estruturação do método de resolução do problema	47
3.3. Análise da ferramenta: software J-ELECTRE	48
3.3.1. Interface com o usuário e input de dados	49
3.3.2. Outputs e resultados do software	52
3.4. Planilha de apoio para interpretação dos resultados do software	62
4. APLICAÇÃO EM CASO PILOTO	66

4.1. Definição das iniciativas consideradas no caso	66
4.2. Definição dos critérios utilizados no caso	73
4.2.1. Definição das escalas de avaliação	74
4.2.2. Definição de parâmetros para cada critério	76
4.3. Atribuição de notas para as alternativas	79
4.3.1. Critério G1: Estimativa de retorno mensal	80
4.3.2. Critério G2: Tempo para implementação total	81
4.3.3. Critério G3: Tempo para se ter retorno sobre investimento	82
4.3.4. Critério G4: Alinhamento com a estratégia	83
5. RESULTADOS E ANÁLISES	85
5.1. Análise dos resultados matriciais	86
5.2. Interpretação dos resultados utilizando a planilha de apoio	89
5.3. Análise dos resultados gráficos	92
6. CONCLUSÕES	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

# 1. INTRODUÇÃO

O tema do presente trabalho consiste em um estudo a respeito de métodos multicritérios para apoio a tomada de decisão, aplicado em um contexto próprio, envolvendo questões financeiras de uma fábrica verticalizada da Ambev S.A., a Fábrica de Rótulos (localizada em São Paulo - SP). No decorrer deste capítulo está evidenciada a motivação para a realização do trabalho, destacando a pertinência do problema abordado e de seu contexto. Além da motivação, há a justificativa para a tratativa do problema levantado, pontuando a relevância que o tema possui para as partes envolvidas. Por fim, tem-se o objetivo principal do trabalho, relacionado ao próprio problema e à sua solução.

## 1.1. Contexto e definição do problema abordado

O entendimento acerca do problema retratado neste trabalho torna-se plausível quando o contexto que envolve tal problema é definido e detalhado. Devido a este fato, foram elencados os principais elementos contextuais que determinam o problema, sendo o primeiro deles um breve contexto histórico, mercadológico e operacional, sobre a empresa, Ambev S.A., e sobre a Fábrica de Rótulos. Em seguida, foi exposto o contexto operacional, produtivo e financeiro da fábrica, especialmente no que diz respeito aos custos industriais e receitas geradas. A partir de tais informações, foi possível definir o problema em questão e assimilar conhecimentos úteis para a análise e tratativa do problema em si.

### 1.1.1. Sobre a empresa Ambev S.A.

Em 1999, a Cervejaria Brahma e a Companhia Antarctica uniram-se e formaram a empresa conhecida hoje como Ambev. A Ambev S.A. é uma empresa de capital aberto, com sede localizada em São Paulo/SP, e é a 4ª maior empresa do Brasil em valor de mercado na B3 (bolsa de valores do Brasil), ao considerar a soma do valor das ações da empresa em 30 de março de 2022, atingindo o valor de R\$ 238,7 bilhões.

A Ambev, enquanto Companhia, está presente em 19 países, com a produção e venda de mais de 30 marcas de bebidas. No Brasil, a empresa possui mais de 35 mil colaboradores, que contribuem para manter seus produtos presentes no dia a dia da maioria dos brasileiros. A produção das bebidas ocorre em diversas unidades fabris espalhadas pelo Brasil, contando com mais de 30 cervejarias, bem como maltarias e refrigeranteiras. Há também fábricas

focadas na elaboração de componentes de embalagem dos produtos, como as fábricas de rótulos, rolhas, vidros e latas. Tais fábricas compõem as operações verticalizadas da Companhia.

A Fábrica de Rótulos fica localizada no bairro Cambuci, em São Paulo/SP, sendo responsável por produzir a maior parte do volume de rótulos aplicados na fabricação de embalagens de diversas marcas de bebidas. Os rótulos impressos na fábrica são formados por papel (dos tipos couchê ou metalizado), aplicados principalmente na rotulagem de garrafas de vidro, utilizadas no envase de cervejas, como é o caso de marcas como Brahma, Antarctica, Skol, Bohemia, entre muitas outras.

Além disso, a Fábrica de Rótulos é considerada uma das fábricas verticalizadas inseridas na cadeia produtiva da Ambev S.A. A fim de elucidar o contexto específico da planta em questão, é necessário definir o conceito de verticalização para indústrias. A verticalização pode ser compreendida como uma metodologia empresarial, na qual uma empresa decide por organizar sua cadeia produtiva de forma a centralizar a confecção de seus produtos, em oposição à terceirização (REIS, 2019). Isto é, a empresa toma a decisão de fabricar não apenas o seu produto principal, mas também outros componentes que, de forma conjunta, compõem o produto final a ser destinado para o cliente.

No caso da Ambev, as operações verticalizadas correspondem à fabricação de elementos que constituem as embalagens das bebidas, como é o caso de rótulos, garrafas de vidro, rolhas e latas metálicas. Esta decisão foi tomada por representar uma opção mais atrativa para a Companhia, em comparação com a compra desses elementos de *packaging* de fornecedores externos (terceirização). Entre algumas das razões que levaram a empresa a optar pela verticalização estão: diminuição de custos dos produtos finais (produzir internamente é mais barato do que comprar de um fornecedor) e garantia de controle da qualidade (produzir internamente permite que possa ser feito um controle de qualidade mais preciso e eficiente).

### 1.1.2. Custos e receitas da Fábrica de Rótulos

Ademais, é fundamental desdobrar alguns dos principais aspectos que definem o processo produtivo da Fábrica de Rótulos da Ambev S.A. Tal conhecimento a respeito do processo permite que os custos e as fontes de receita existentes na operação da fábrica também sejam examinados.

Pode-se dizer que a Fábrica de Rótulos consiste em uma gráfica, ou seja, uma indústria destinada a realizar impressões. A fábrica compra papel (dos tipos couchê ou metalizado) o qual é armazenado no formato de bobinas. Conforme definido pelo planejamento de produção, as bobinas são levadas até o setor industrial da planta, onde se encontram as máquinas responsáveis por realizar a impressão em rotogravura <sup>1</sup>. Após ser feito o *setup* das máquinas, o papel começa a ser desenrolado da bobina, para que ele possa receber as camadas de tinta. Cada rótulo pode receber até 7 camadas de tinta, cada uma com uma cor diferente, a depender do design artístico do rótulo. Além das tintas, o papel também recebe uma camada de verniz ao final da impressão. Deste modo, tinta e verniz constituem matérias primas de extrema importância para a Fábrica de Rótulos, juntamente com o papel.

Uma vez que a impressão é finalizada, o papel é cortado em folhas e empilhado, para então ser cortado mais vezes em seguida, até que se obtenha rótulos unitários. Este processo de cortes é definido como acabamento, e também envolve a embalagem dos rótulos em caixas de papelão. É importante ressaltar que os rótulos são embalados em grupos de mil unidades, denominados “milheiros”. Tanto na etapa de impressão, quanto na etapa de acabamento, há a participação de mão de obra, composta por operadores de máquina, que realizam atividades manuais, integradas às máquinas, de manutenção e de limpeza dos equipamentos.

Os recursos citados anteriormente são exemplos que compõem alguns dos principais pacotes do custo de produção da Fábrica de Rótulos, denominados VIC (*Variable Industrial Cost*). O papel e a tinta, por serem matérias primas essenciais para a fabricação de rótulos, fazem parte do pacote Matérias Primas (MP) (o qual representa a maior parcela dos custos); a mão de obra enquadra-se no pacote MOD (Mão de Obra Direta); o pacote de Embalagens é composto por caixas, fitas plásticas e outros elementos de embalagem dos rótulos; há também o pacote denominado “DIF”, composto pelos materiais intermediários de produção (MIP) (como, por exemplo, os cilindros – necessários para a impressão por rotogravura – graxas e lubrificantes), além dos custos com água, energia elétrica e vapor, já rateados para os rótulos; os custos de frete pertencem ao pacote Frete; o pacote de Subprodutos corresponde aos ganhos financeiros (“custos negativos”) que a fábrica apresenta ao vender subprodutos de sua operação (nesse caso, o subproduto da Fábrica de Rótulos são picotes de papel, oriundos do recorte de acabamento dos rótulos); e por fim tem-se o pacote de Outros Custos, que envolve principalmente custos por não qualidade dos produtos acabados (rótulos defeituosos).

<sup>1</sup> Rotogravura é um processo de impressão gráfica no qual as matrizes são cilindros rotativos, sendo que cada tinta é aplicada por um cilindro diferente ao longo do processo. As máquinas impressoras são alimentadas por bobinas de papel, e, devido à existência de células (porosidades) gravadas nos cilindros, a tinta pode ser aplicada sobre o papel após o cilindro ser imerso em um recipiente com tinta e solvente de secagem rápida. A gradação das tonalidades de cores pode ser definida pela profundidade das células.

Quadro 1 - Pacotes que compõem o *VIC* da Fábrica de Rótulos

<b>Pacote de custos</b>	<b>Itens que pertencem aos pacotes</b>
Matérias Primas (MP)	Papel (base para a criação do rótulo), tintas (utilizadas para imprimir as imagens), e verniz (utilizado para a finalização da impressão).
Mão de Obra Direta (MOD)	Encargos pagos aos funcionários da fábrica (operadores, técnicos, supervisores, funcionários administrativos, entre outros), pagamentos a terceiros, e custos adicionais de mão de obra.
Embalagens	Caixas de papelão (armazenagem dos rótulos finalizados), além de fitas, filmes e sacos plásticos.
DIF	Consumos de água, energia elétrica e vapor (rateados), bem como MIP (lubrificantes e cilindros de impressão).
Frete	Custos de frete associados à movimentação de materiais (insumos e produtos acabados).
Subprodutos	Venda de picotes de papel (resultantes da operação de acabamento aplicada nos rótulos).
Outros Custos	Custos de não qualidade (devido a defeitos nos rótulos).

Fonte: Elaboração própria

Após a produção dos rótulos ter sido finalizada, o produto acabado é destinado para as cervejarias da própria Ambev. Entende-se que outras plantas industriais da companhia são clientes da Fábrica de Rótulos, uma vez que a fábrica fornece matéria prima para o *packaging* das bebidas que são produzidas dentro das cervejarias. As cervejarias são consideradas clientes internos, devido ao fato de fazerem parte do mesmo ecossistema econômico da qual a Fábrica de Rótulos faz parte, enquanto que clientes externos podem ser definidos como empresas que compram rótulos mas não fazem parte da companhia Ambev S.A.

Essa transação comercial entre a Fábrica de Rótulos e outras unidades da Ambev compõe a principal fonte de receita da fábrica. Entretanto, existem outras potenciais fontes de receita que podem vir a compor os ganhos da fábrica, sendo eles a venda de subprodutos oriundos do processo produtivo (que já foi citado anteriormente), venda de matéria prima para outras gráficas da companhia, e a venda de produtos acabados para outras empresas que não pertencem à Ambev.

No primeiro caso, os subprodutos consistem em fardos formados por picotes de papel (restos de matéria prima) que não foram utilizados na produção de rótulos, e a venda deles é feita para empresas de reciclagem de papel. No segundo caso, existem outras fábricas de rótulos dentro do ecossistema da Ambev, localizadas fora do Brasil, sendo a de maior destaque a planta localizada na Colômbia. Existe um interesse da fábrica da Colômbia em adquirir papel do tipo metalizado da Fábrica de Rótulos brasileira. O papel metalizado é um tipo de papel que passa por um tratamento específico, para ganhar características que o façam ser mais parecido com materiais metálicos. No Brasil, esse serviço de metalização do papel é feito por um fornecedor contratado pela Fábrica de Rótulos, a custos vantajosos para o processo produtivo. Por conta destes fatores, é atrativo para a fábrica de rótulos da Colômbia querer comprar o papel metalizado diretamente da Fábrica de Rótulos brasileira, a fim de garantir a qualidade da matéria prima e a simplificação do processo produtivo e da cadeia logística. Por fim, no terceiro caso, é possível para a Fábrica de Rótulos vender seus produtos para clientes externos, que são empresas que consomem rótulos para composição de suas embalagens, mas não são vinculadas à Ambev S.A.

Dentre as diretrizes estratégicas da Ambev, enquanto companhia, objetiva-se que iniciativas voltadas para o aprimoramento da rentabilidade das unidades fabris sejam elaboradas, desenvolvidas e aplicadas. Ou seja, é de interesse da empresa que a Fábrica de Rótulos, dado que ela está inserida na cadeia produtiva da companhia, seja capaz de reduzir seus custos (principalmente os VIC) e aumentar suas fontes de receitas, por meio de ações e iniciativas adotadas pelos colaboradores que participam e acompanham a fabricação dos rótulos. Tais iniciativas podem abordar qualquer um dos pacotes e/ou oportunidades descritos anteriormente, a fim de proporcionar benefícios financeiros para a Fábrica e para a companhia.

### 1.1.3. Problema abordado

Como foi citado anteriormente, tanto a redução de VIC, quanto o aumento na quantidade e a melhoria na performance das fontes de receita, constituem objetivos estratégicos da Fábrica de Rótulos, os quais são de extrema relevância para a rotina de toda a liderança da fábrica (composta pelo Gerente Fabril, pelos gerentes de cada área, bem como pelos coordenadores, supervisores e analistas). Cada um dos membros da liderança possui autonomia, juntamente com seus times, para conceber ideias e iniciativas que possam contribuir para a redução de custos da fábrica.



Entretanto, no momento de realização deste trabalho, havia dificuldade por parte da alta liderança (Gerente Fabril e gerentes de área) em centralizar todas as ideias e identificar qual a ordem de implementação das iniciativas, caso elas sejam viáveis. O intuito da alta liderança era conseguir elencar as iniciativas com base em seus esforços necessários (tipos e quantidades de recursos imprescindíveis para a implementação da ideia) e em seu impacto (aprimoramento de uma determinada situação em comparação com o cenário anterior à medida). O cenário ideal é formar um plano de ação, em que iniciativas de baixos esforços e altos impactos positivos sejam implementadas primeiro, em detrimento a iniciativas de altos esforços e baixos impactos positivos (ou altos impactos negativos).

Embora a proposta pareça simples, sua execução evidenciou desafios, especialmente no momento de comparação entre as iniciativas, para que se possa ordená-las. A comparação muitas vezes é feita de forma subjetiva, por meio de discussões em que são levantados argumentos que representam perspectivas e opiniões diferentes, a respeito de um mesmo tema e uma mesma ideia. Tais elementos, aliados a informações variadas, de diferentes origens, e com pouca coesão e pouca coerência, prejudicam a avaliação feita pelas pessoas e também a convergência para um consenso.

Portanto, o problema discutido neste trabalho caracteriza um empecilho no processo de tomada de decisão, pois há dificuldade em priorizar iniciativas de redução de custos dentro da Fábrica de Rótulos, para que as mesmas possam ser implementadas. Isto é, nota-se a ausência de um método objetivo e analítico para a tomada de decisão, em que se tenham critérios de avaliação previamente estabelecidos, bem como uniformidade e padronização de informações sobre cada iniciativa. Por conta disso, a alta liderança não consegue compor um plano de ação (sequência de implementação das iniciativas já priorizadas) assertivo e que garanta os resultados esperados.

## **1.2. Objetivo do trabalho**

O propósito deste trabalho é propor um modelo de apoio à tomada de decisão, capaz de minimizar as dificuldades e os empecilhos da alta liderança da Fábrica de Rótulos, no que diz respeito ao processo decisório e à priorização de iniciativas que contribuam para o aprimoramento da rentabilidade da empresa (redução de custos e aumento de receitas). O objetivo final é padronizar o processo de tomada de decisão, por meio da seleção de uma ferramenta que possa realizar a priorização de iniciativas e estabelecimento de parâmetros, de modo a tornar o processo objetivo e analítico, conforme apresentado neste relatório. O método

escolhido para alcançar o objetivo final deve aceitar diferentes critérios de avaliação, que representem diferentes aspectos (a fim de garantir abrangência para a tomada de decisão), além de informações padronizadas sobre cada iniciativa, que sejam coerentes e permitam análises e comparações precisas.

Ademais, o uso de uma ferramenta adequada evita que a tomada de decisão se torne onerosa, em decorrência de eventuais complexidades que o modelo de apoio à tomada de decisão selecionado possa apresentar, pois a ferramenta escolhida deve possuir uma interface amigável com o usuário (tomador de decisão). A intenção de estabelecer esse requisito para a escolha da ferramenta resume-se ao objetivo de simplificar a etapa de priorização de iniciativas, dentro do processo decisório, com o intuito de solucionar o problema retratado anteriormente. É importante ressaltar que etapas como elaboração de alternativas e definição de critérios ainda serão executadas pelos agentes tomadores de decisão, como era feito na situação prévia a este trabalho, mesmo após uma eventual consolidação da ferramenta na rotina da Fábrica de Rótulos.

Ao final da utilização da ferramenta escolhida, os tomadores de decisão devem obter as iniciativas priorizadas, para que assim seja feito o plano de ação e sua consequente implementação. A aplicação da ferramenta e do método associado para o cenário financeiro da Fábrica de Rótulos consiste em um caso piloto, que tem o escopo de avaliar as possíveis melhorias no processo de tomada de decisão. Caso o resultado obtido seja positivo, a ferramenta e o método poderão ser utilizados em aplicações futuras não só da área financeira, mas eventualmente para outras áreas da fábrica também.

### **1.3. Motivação e Justificativa**

Este trabalho foi motivado por aspectos profissionais e acadêmicos. O autor, na época em que este trabalho foi concebido, realizava estágio na Fábrica de Rótulos da Ambev S.A., na área de Gente e Performance, a qual engloba funções e responsabilidades financeiras dentro da companhia e da unidade. Foi a partir do estágio que se definiu o problema base para a realização deste trabalho de conclusão de curso, uma vez que o próprio Gerente da Fábrica na época manifestou seu interesse pela tratativa do problema. Logo, abordar e tratar o problema definido anteriormente trouxeram resultados positivos tanto para a formação acadêmica do autor, quanto para seu desenvolvimento profissional.

Outro fator que motivou a abordagem do problema de tomada de decisão foi o interesse em trazer melhorias relevantes para a rotina da liderança da Fábrica de Rótulos, uma

vez que o processo de tomada de decisão é de suma importância para o funcionamento adequado da empresa. Selecionar uma ferramenta capaz de simplificar a tomada de decisão, trazendo assertividade e objetividade, caracteriza um projeto de valor para diversas áreas da planta, que pode vir a ter reflexos expressivos no futuro.

O interesse da alta liderança da fábrica em aplicar uma ferramenta com método analítico é possibilitar que a formação de planos de ação seja mais eficiente, e consequentemente proporcione mais facilidade para melhorar a rentabilidade da planta. Com planos de ação mais precisos e estruturados, implementar iniciativas de redução de custos e de aumento das fontes de receita se torna uma atividade mais planejada e organizada, aumentando as possibilidades de que os objetivos estratégicos da companhia sejam atingidos. Desta forma, justifica-se a proposição do problema de tomada de decisão, por parte da empresa, e também por parte do autor, que na época compartilhava dos mesmos interesses da liderança da Fábrica de Rótulos.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A partir do problema evidenciado no capítulo anterior, torna-se imprescindível estabelecer as bases teóricas que contribuíram para o entendimento do tema que envolve este trabalho, bem como para a construção de uma proposta de solução efetiva. No que diz respeito a tomada de decisão, deve-se primeiramente elucidar como é definido o processo, quais as etapas que o compõem e quais os elementos que estão atrelados a ele. Em seguida, é possível estudar com maiores detalhes uma maneira de abordar o processo decisório: o Apoio Multicritério à Decisão (AMD). Esta metodologia é de suma importância para este trabalho, e foi utilizada ao longo de seu desenvolvimento para tratativa do problema proposto. Por fim, tem-se os principais conceitos teóricos referentes ao método denominado ELECTRE III, que consiste em uma forma de aplicação do AMD para priorização de alternativas.

### 2.1. Processo de tomada de decisão

De acordo com a Oxford Languages, uma decisão pode ser compreendida como uma determinação, uma resolução tomada após um julgamento. Quando um indivíduo (ou grupo de indivíduos) se encontra em uma situação definida por um problema, que possui mais de uma alternativa de solução, é preciso que uma decisão seja tomada, a fim de selecionar a melhor alternativa dentro do conjunto de possibilidades, posteriormente à realização de análises e ponderações entre as opções (GOMES, 2009).

Gross (2010) afirma que toda decisão consiste em um momento decisivo de definição, no qual as informações essenciais já foram coletadas, possibilitando a avaliação dos pontos positivos e negativos de cada alternativa apresentada. Tal definição pode ser atingida quando se executam uma sequência de ações, caracterizando assim um processo para a tomada de decisão. O processo decisório pode ser interpretado de diferentes maneiras, sendo constituído por algumas etapas essenciais e por elementos que são inerentes ao próprio processo.

#### 2.1.1. Elementos do processo decisório

No caso dos elementos, eles podem ser classificados como intervenientes — indivíduo ou grupo de indivíduos que participam do processo decisório, ou que sofrem influência do mesmo — ou como componentes — recurso ou atributo necessário para a elaboração e a execução do processo de tomada de decisão (CAMPOS, 2011).

Dentre os elementos intervenientes, tem-se o tomador de decisão (ou agente de decisão) que é responsável por avaliar as alternativas do problema, estabelecer uma relação de preferência entre elas, e finalmente definir a resolução final para o processo (CAMPOS, 2011). Há também os atores, formados por pessoas ou grupo de pessoas, bem como entidades, interessados na decisão em si, uma vez que podem estar envolvidos no problema e podem vivenciar as consequências de tal decisão, seja de forma direta ou indireta. É comum que, em certas situações de tomada de decisão, o decisor também se caracterize como um ator, pois ele pode ter a responsabilidade de ratificar a própria decisão e de assumir possíveis consequências (GOMES, 2009).

Além desses agentes, fazem parte do processo decisório outros dois intervenientes: o facilitador e o analista. Segundo Campos (2011), o facilitador participa do processo como um auxiliador, promovendo busca e esclarecimento de informações, comunicação entre agentes, juntamente com assistências em eventuais negociações (entre partes envolvidas no processo de tomada de decisão, ou com agentes externos). O papel de facilitador deve ser contínuo durante a atividade de apoio à decisão, de forma a não influenciar os demais intervenientes (GROSS, 2010). Já o analista consiste em um especialista sobre o método a ser empregado para a tomada de decisão, contribuindo para a estruturação e visualização do problema (identificação dos fatores que influenciam na configuração, evolução e solução do problema, e comunicação destas informações para as demais partes envolvidas), modelagem de preferências e sistematização do processo. (GOMES, 2009).

Em relação aos componentes, tem-se: alternativas, critérios e escalas. As alternativas correspondem às possibilidades de resolução para o problema em questão. São opções possíveis que o agente de decisão pode tomar, constituindo ações potenciais para futura execução. Existem alternativas que são viáveis, e outras que são inviáveis, e cabe aos intervenientes entender essa diferença entre elas, para que seja possível considerar apenas as ações executáveis dentro do processo decisório. Os critérios são elementos estabelecidos pelos intervenientes para servirem como parâmetros na avaliação do conjunto de alternativas do problema (CAMPOS, 2011). Cada critério representa uma dimensão de análise que deve ser levada em consideração, a fim de se obter uma avaliação holística sobre o problema tratado. É importante que o conjunto de critérios seja coerente, isto é, que eles sejam complementares e não redundantes entre si, de forma a avaliar o máximo de informações possíveis sobre o problema sem repetições.

Quadro 2 - Elementos do processo decisório

<b>Elemento</b>	<b>Classificação</b>	<b>Descrição</b>
Atores	Interveniente	Pessoas, grupos ou entidades interessados na decisão, envolvidos direta ou indiretamente com o problema e com suas consequências.
Tomador de decisão	Interveniente	Responsável pela estruturação do problema, definição dos critérios, avaliação das alternativas e decisão sobre a solução final.
Facilitador	Interveniente	Auxílio na busca e no esclarecimento de informações, além de comunicação e de assistência em negociações.
Analista	Interveniente	Especialista sobre métodos de tomada de decisão, auxílio na estruturação do problema, modelagem de preferências e sistematização do processo.
Alternativa	Componente	Possibilidades de iniciativas para a resolução do problema.
Critério	Componente	Parâmetros para a avaliação do conjunto de alternativas do problema
Escala	Componente	Fatores graduados, baseados em aspectos da realidade, que permitem ordenar o conjunto de alternativas

Fonte: Elaboração própria

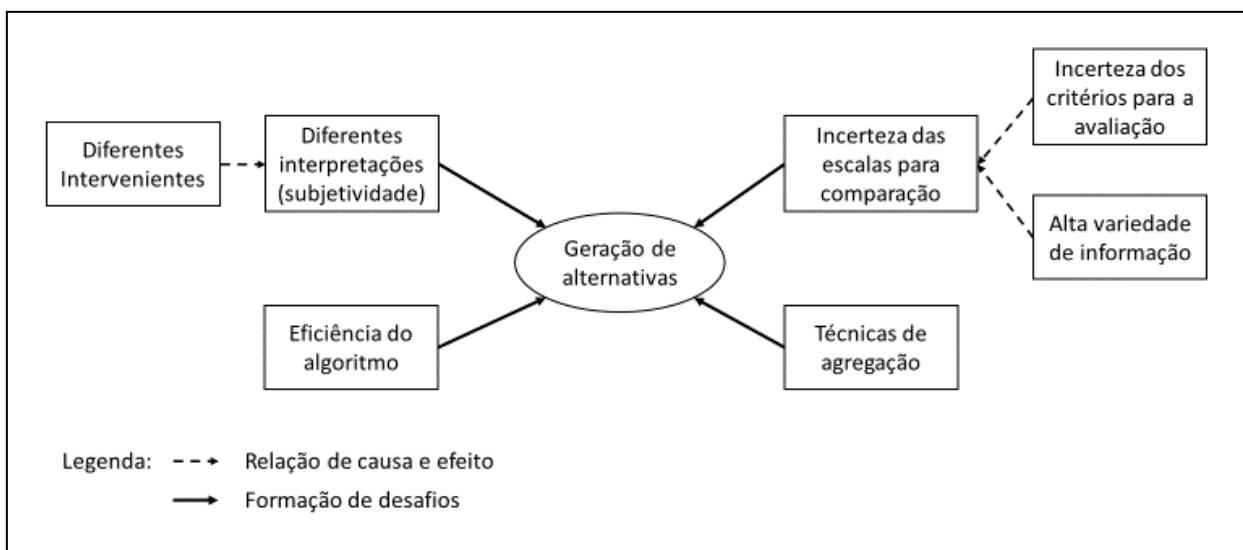
Ainda de acordo com Campos (2011), os critérios podem apresentar características subjetivas ou objetivas em suas essências. Como os critérios são elencados pelos tomadores de decisão, com auxílio de analistas e facilitadores, as percepções individuais de cada um

destes atores pode influenciar na relevância dos critérios para a avaliação das alternativas. A subjetividade desses critérios pode alterar, e até mesmo enviesar, a forma como o problema é abordado e como uma solução é escolhida. É imprescindível que o modelo de análise adotado pelos intervenientes seja capaz de traduzir as reais preferências do tomador de decisão, o que implica na tratativa de eventuais subjetividades. Em oposição, as características objetivas compreendem análises mensuráveis, quantitativas, que independem da opinião dos tomadores de decisão, cabendo a eles apenas uma interpretação das informações dentro do contexto do problema.

Como foi citado anteriormente, um critério de decisão possui natureza subjetiva ou objetiva, fato este que pode estabelecer um caráter quantitativo ou qualitativo para o critério. Tal particularidade implica em modos heterogêneos de mensuração para cada critério, evidenciando a necessidade de criação de uma escala própria para cada um dos diversos critérios de decisão. As escalas são elementos que apresentam seu próprio conjunto de hipóteses, capazes de transformar aspectos da realidade em fatores graduados, que permitem ordenar um conjunto de alternativas, seja de maneira quantitativa ou qualitativa. Os principais tipos de escala são: nominal, ordinal, intervalar e de razão (CAMPOS, 2011). A escala nominal agrupa alternativas em menores grupos, aos quais são atribuídos nomes, o que impossibilita a realização de operações matemáticas e limita a criação de uma ordem entre grupos. A escala ordinal parte do pressuposto de que é possível criar uma ordem entre as alternativas, tanto na forma de *rankings*, quanto com o uso de nomes que representam ordenação (alto, médio e baixo). A escala intervalar consiste em uma escala linear positiva, em que é possível observar um crescimento padrão linear, como é o caso da temperatura, por exemplo, e também de medidas estatísticas (média, desvio padrão, coeficiente de correlação, entre outras). Por fim, a escala de razão considera a existência de um ponto de referência nulo, e a partir dele se tem a quantificação da escala (como por exemplo o peso e a idade de uma pessoa).

Ademais, Campos (2011) aponta que existem complicações para o processo de tomada de decisão que são relacionadas à geração de alternativas. Tais complicações podem ser resumidas nos seguintes aspectos: intervenientes com visões e interpretações diferentes sobre o problema (subjetividade); dificuldade em estabelecer uma escala para comparação dos critérios, devido à alta variedade de tipos de informação; diferentes métodos para agregar informações; e eficiência do algoritmo utilizado para encontrar a solução do problema.

Figura 1 - Desafios da geração de alternativas



Fonte: Adaptado de Campos (2011, p. 48)

Por conta disso, é fundamental para o bom desempenho do processo decisório que os critérios sejam definidos de forma coerente, permitindo uma avaliação eficaz do problema. Caso haja subjetividade em alguma etapa do processo, ela deve ser tratada de modo a não enviesar a avaliação, e consequentemente a decisão. Compreender os principais tipos de escala, com o intuito de mensurar de maneira clara e objetiva cada alternativa, e então agregar todos estes resultados em um modelo capaz de proporcionar uma solução adequada para o problema abordado.

### 2.1.2. Etapas do processo decisório

Uma vez que foram estabelecidos os elementos que fazem parte do processo decisório, é possível entender e desdobrar as etapas que definem o processo em si, bem como a atuação de cada elemento em cada etapa. Para Laudon (2006), o processo de tomada de decisão é formado por quatro etapas essenciais, sendo elas: inteligência, concepção, seleção e implementação. Cada uma delas pode dispor de diversas atividades, e a execução dessas etapas não ocorre necessariamente uma única vez, em ordem linear.

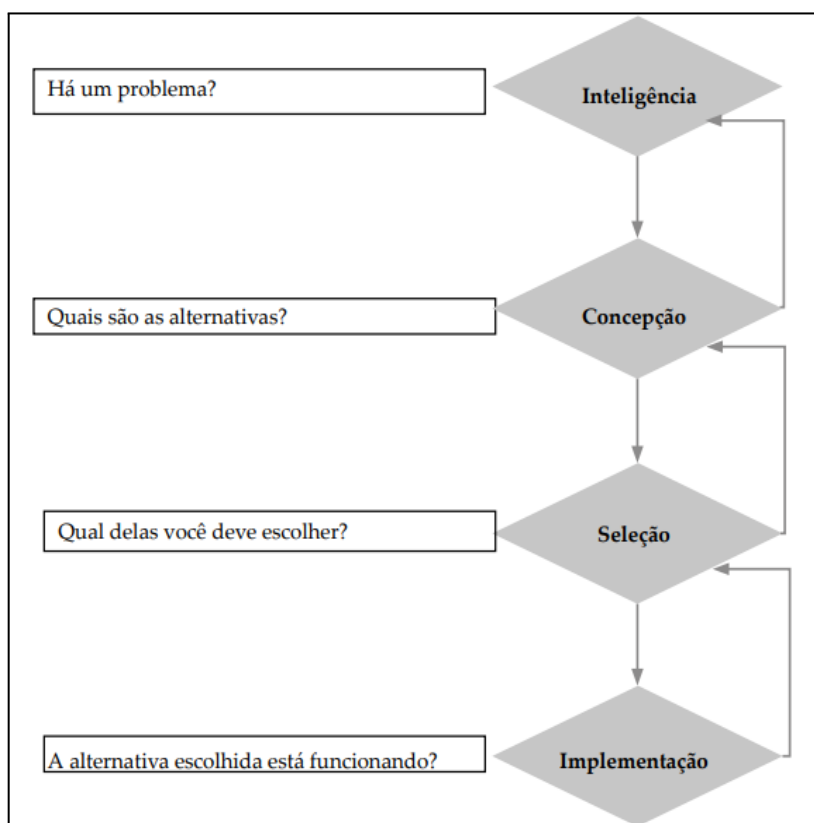
Primeiramente, a etapa de inteligência caracteriza-se pela identificação e estruturação do problema, na qual os agentes envolvidos na tomada de decisão buscam compreender a causa do problema, quais suas particularidades, quais são seus efeitos e quem (ou o quê) é afetado por ele. Em seguida, tem-se a etapa de concepção, na qual são geradas as alternativas capazes de solucionar o problema identificado, sendo que tal geração é influenciada pela



subjetividade dos intervenientes, pelos critérios definidos e suas respectivas escalas. Já a etapa de seleção trata da escolha de uma das alternativas geradas, a fim de solucionar o problema. É durante a seleção que será feita a avaliação, com base nos critérios, nas escalas e no método escolhido pelos tomadores de decisão. Por fim, a etapa de implementação consiste na execução da alternativa selecionada, ou seja, na concretização da própria decisão.

Uma vez que se tem melhor entendimento das etapas, torna-se mais claro o fato de que elas não ocorrem necessariamente de forma linear e única (GROSS, 2010). Em determinadas situações, ao longo do processo decisório, é provável que o tomador de decisão precise retornar a uma etapa pela qual ela já passou, pois ele adquiriu informações que antes não possuía, as quais podem alterar o rumo da decisão, e consequentemente a escolha da melhor alternativa de solução. Algumas possibilidades deste retorno a etapas anteriores são: a necessidade de reformulação do problema (etapa de inteligência); surgimento de novas alternativas (etapa de concepção); definição de novos critérios, mudanças nas escalas de avaliação e/ou nos pesos (etapa de seleção); problemas na implementação da solução (etapa de implementação). Tais casos demonstram apenas alguns cenários que provam que o processo decisório é mutável, em constante transformação.

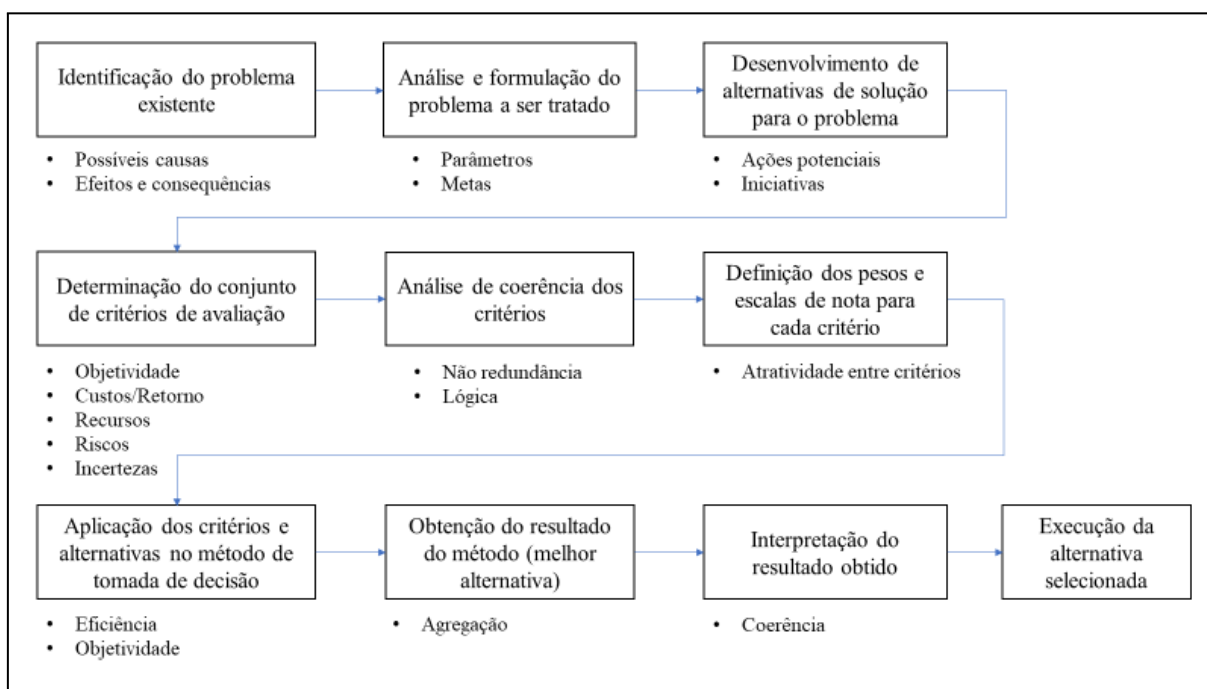
Figura 2 - Macro etapas do processo de tomada de decisão



Fonte: Gross (2010, p.11)

As etapas citadas anteriormente podem ser consideradas como uma divisão macro para o processo decisório. Entretanto, além de uma visão abrangente sobre o processo, também é relevante, para uma boa compreensão, que seja explicitada uma visão mais detalhada das etapas, em que elas sejam divididas de forma mais específica. A figura a seguir contém um fluxograma, elaborado para exemplificar as etapas existentes no processo de tomada de decisão, de modo mais minucioso.

Figura 3 - Etapas detalhadas do processo decisório



Fonte: Elaboração própria, baseada em GOMES (2009)

Em primeiro lugar, a etapa a ser executada é a de identificação do problema, na qual os agentes participantes do processo de tomada de decisão reconhecem uma situação controversa, que apresenta efeitos e consequências indesejadas para um dado contexto. O problema identificado possui causas que também devem ser diagnosticadas, além dos efeitos e consequências que são percebidos na realidade. É de suma importância que o problema seja caracterizado da forma mais precisa possível, pois focar no verdadeiro problema leva a um direcionamento correto de todo o processo decisório (GROSS, 2010). Em segundo lugar, o problema deve ser analisado e formulado, por meio do estabelecimento de parâmetros que o delimitam. Tais parâmetros podem envolver condições de contorno, indicadores, entre outras métricas mensuráveis que contribuem para a definição do problema. É necessário que sejam

estipuladas metas, que devem representar os objetivos a serem atingidos na solução. O não atingimento de tais metas resulta na continuidade do problema.

Após um entendimento completo sobre o problema e suas condições, parte-se para o desenvolvimento de alternativas de solução, as quais compreendem iniciativas e ações potenciais capazes de tratar as causas do problema, mitigando ou eliminando as consequências indesejadas geradas pelo mesmo (GOMES, 2009). Ações e iniciativas efetivas são aquelas que conseguem atingir as metas adotadas na formulação do problema, dentro do contexto estabelecido. Uma vez que as alternativas foram elaboradas, pode-se determinar o conjunto de critérios de avaliação. Os critérios devem representar formas objetivas, isto é, mensuráveis e ordenáveis, de avaliar a eficácia de cada alternativa, considerando o resultado potencial que as iniciativas podem alcançar. Tais critérios podem retratar diferentes dimensões de análise, como por exemplo: custos, investimentos iniciais, retorno esperado (dimensões financeira e econômica), recursos (humanos, materiais, ferramentais, entre outros), riscos (possibilidades de falhas e fracassos) e incertezas (falta de informações, ou falta de precisão sobre as mesmas).

Quando os critérios são acordados entre os tomadores de decisão, estes agentes precisam analisar a coerência entre os critérios, o que significa analisar a relação lógica entre eles. É essencial que os critérios não apresentem redundância, visto que isto pode acarretar em uma valorização (ou desvalorização) excessiva de uma determinada característica das alternativas, o que leva a um enviesamento da avaliação e do processo decisório como um todo. O ideal é que os critérios sejam definidos com exaustividade, isto é, levem em consideração o máximo possível de dimensões e pontos de vista, para que possam ser complementares e possam promover uma avaliação holística de cada alternativa (GROSS, 2010). Em seguida, são definidos os pesos e as escalas de nota dos critérios, sendo que os pesos devem refletir o nível de atratividade que cada critérios possui, em comparação com os demais, enquanto as escalas de notas devem servir para mensurar e ordenar as alternativas entre si, contribuindo para a objetividade da tomada de decisão.

A partir da definição de todos os componentes fundamentais do processo (alternativas, critérios e escalas de nota), é possível aplicá-los no método escolhido para auxiliar na tomada de decisão. Existem diversos métodos capazes de gerar resultados sobre qual alternativa dentro do conjunto é a melhor para solucionar um problema em dada situação. De forma generalizada, os resultados podem ser obtidos pela agregação dos critérios. Ou seja, para cada alternativa considerada, são associadas as resoluções definidas por cada critério estabelecido, atingindo assim resultados parciais que possibilitam uma comparação entre alternativas. A

agregação pode ser realizada de duas grandes formas: total, quando se compara um conjunto de várias alternativas em uma única operação (como, por exemplo, ao utilizar uma média ponderada); ou parcial, quando se compara um par de alternativas por vez, estabelecendo relações de superação entre elas (ranqueamento) (GROSS, 2010).

É importante ressaltar que o método selecionado deve apresentar alta objetividade e alta eficiência. A objetividade refere-se à capacidade do método de considerar as informações e os dados utilizados, e minimizar possíveis vieses e subjetividades advindas dos agentes envolvidos no processo decisório. Já a eficiência diz respeito à competência do método de realmente indicar a melhor alternativa de solução, e não apresentar um resultado falso ou equivocado (GOMES, 2009).

A obtenção do resultado gerado pelo método é um marco relevante do processo de tomada de decisão, pois os problemas reais frequentemente apresentam grande complexidade, caracterizada pela pluralidade de pontos de vista e interpretações dos agentes. Este fato acarreta, na maioria dos casos, na inexistência de uma única solução que garanta o melhor em todas as dimensões da avaliação (GROSS, 2010). Logo, o que se obtém ao utilizar um método de apoio à tomada de decisão é uma solução otimizada, considerando o conjunto de critérios (restrições) estabelecidos durante a elaboração da avaliação e também a formulação inicial do problema. Por conta disso, é necessário que os tomadores de decisão analisem e interpretem o resultado gerado pelo método, com base na coerência entre o que se desejava resolver e a ação que será implementada para atingir os objetivos. Por fim, após esta interpretação, pode-se seguir para a execução da alternativa selecionada, acompanhamento de seus desdobramentos e avaliação do sucesso que a iniciativa obteve.

## **2.2. Enfoque multicritério**

O Apoio Multicritério à Decisão (AMD) é um tipo de análise que auxilia na seleção de alternativas, pois proporciona maneiras de considerar aspectos de naturezas distintas no decorrer do processo. Em diversas situações, ele mostra-se adequado para abordar problemas presentes na realidade, por ser capaz de tratar questões envolvendo a multidimensionalidade de tais problemas (GOMES, 2009). Ele também auxilia o tomador de decisão a solucionar problemas com objetivos eventualmente conflitantes, e também oferece uma estrutura suporte que contribui para a clareza dos elementos do processo decisório e das consequências das ações tomadas (CAMPOS, 2011).

O AMD tem como uma de suas premissas a aceitação da subjetividade existente no processo decisório, devido às individualidades de cada problema, dos contextos (critérios e alternativas) e dos agentes envolvidos (bem como suas interpretações). A subjetividade deve ser controlada, de forma a possibilitar a concepção de um modelo capaz de garantir o auxílio à tomada de decisão. A partir disso, é possível atingir maiores níveis de transparência e integridade no processo de decisão, definindo e evidenciando a responsabilidade do tomador de decisão. O AMD é encontrado em diferentes tipos de métodos e ferramentas, a fim de examinar, avaliar, selecionar, e, porventura, priorizar ou descrever alternativas presentes em uma decisão composta por múltiplos critérios (ROY, 1996).

### 2.2.1. Breve contexto histórico

Na década de 1970, começam a surgir os primeiros métodos de decisão voltados para problemas discretos (que possuem um número finito de alternativas), com enfoque multicritério e voltados para o apoio à decisão, sendo denominados *Multicriteria Decision Aid* (MCDA). Tais métodos não apenas trouxeram uma representação multidimensional dos problemas, mas também incorporaram uma série de características distintas em suas metodologias (GROSS, 2010).

A partir disso, surgiram duas linhas de pesquisa direcionadas para o estudo do AMD, sendo uma a corrente denominada “Escola Americana”, e a outra sendo chamada de “Escola Europeia”. A Escola Americana possui como principal característica o seu caráter descritivista/prescritivista, isto é, primeiro um modelo de preferências é totalmente descrito, sendo então apresentado ao tomador de decisões, que irá formular prescrições com base em hipóteses a serem validadas pela realidade do problema, para enfim ser tomada uma decisão (aceitar ou rejeitar o modelo de preferências proposto inicialmente). A visão prescritivista limita a participação dos agentes na etapa de estruturação do problema dentro do processo decisório (GROSS, 2010). De acordo com Gonçalves (2001), a Escola Americana teve fundamento na combinação da teoria das Escolhas Sociais (representada por Arrow, 1963), com os métodos desenvolvidos no centro da Teoria da Utilidade Multiatributo (representada por Fishburn, 1970; Keeney e Raiffa, 1976), juntamente com os princípios axiomáticos de Von Neumann et al. (de 1953).

O principal método desenvolvido pela Escola Americana, e que ainda é utilizado até os dias da elaboração deste trabalho, é o AHP (*Analytic Hierarchy Process*). O AHP utiliza de uma técnica de decomposição dos problemas para suas resoluções, ou seja, o problema é

dividido em partes menores, que podem ser analisadas individualmente e comparadas aos pares. As três etapas principais, que definem o método AHP, são: decomposição (do problema original), comparação (das partes obtidas após a decomposição) e síntese (consolidação dos resultados obtidos após a comparação, que irão contribuir para a tomada de decisão) (GONÇALVES, 2001).

Já a Escola Europeia apresenta uma visão construtivista, a qual corresponde ao método de construir modelos de preferência de maneira interativa, conforme a estruturação do processo decisório evolui, mantendo a coerência com os objetivos e valores do tomador de decisão. Essa visão possibilita uma maior participação dos agentes durante diversas etapas do processo decisório, além de permitir a agregação de aspectos subjetivos de forma a contribuir para o apoio à decisão (GROSS, 2010). Segundo Roy (1996), um processo de tomada de decisão focada inteiramente em aspectos objetivos apresenta limitações para se obter a melhor solução para um problema. Isso se deve ao fato de que existe uma interação recorrente entre os elementos objetivos e os subjetivos durante a estruturação de um processo decisório. Para o autor, é impossível rejeitar a relevância dos aspectos subjetivos e abandoná-los totalmente na criação de uma modelo para apoiar a tomada de decisão.

Os modelos desenvolvidos pela Escola Europeia tomam como seu propósito a concepção de recursos que possibilitem a evolução e a progressão do processo de tomada de decisão, em concordância com os valores, as preferências e os objetivos dos próprios tomadores de decisão. Os modelos de representação multicritérios são úteis para a clarificação e a estruturação do problema abordado. Estes esquemas dão suporte à investigação, comunicação, reflexão, negociação e criação durante o processo decisório (GONÇALVES, 2001). Dessa forma, são obtidas ferramentas capazes de auxiliar e apoiar a tomada de decisão.

A principal diferença entre as duas correntes de pensamento é a forma como elas tratam os aspectos subjetivos envolvidos na tomada de decisão. Para a Escola Europeia, a subjetividade é uma das partes centrais do processo de busca da solução de um problema; já a Escola Americana investiga os aspectos subjetivos durante a elaboração do problema, mas não os utiliza de maneira intensiva ao longo do processo (GONÇALVES, 2001). Por conta disso, pode-se dizer que a Escola Americana é mais voltada para a tomada de decisão em si (devido à sua visão prescritivista), enquanto a Escola Europeia é voltada para o apoio à decisão (devido à sua visão construtivista). Entretanto, ambas as correntes possuem semelhanças, que estão destacadas a seguir.

Conforme as constatações de Gonçalves (2001), a primeira semelhança revela-se na importância dedicada aos tipos de problemática existentes para situações que envolvem o uso

do AMD. Tal fato é justificado pela necessidade de se planejar o desenvolvimento e a implementação do processo decisório, de modo a garantir sua adequação ao contexto em questão. Além disso, ambas as Escolas assemelham-se por tratar as fontes de imprecisão e incerteza com cautela, uma vez que as informações coletadas no decorrer do processo decisório nem sempre são precisas, acarretando em indeterminação sobre as potenciais consequências das alternativas de solução consideradas. A Escola Americana utiliza funções probabilísticas e de utilidade para tratar as incertezas (de forma numérica e mais objetiva), enquanto a Escola Europeia adota limites de indiferença, preferência e rejeição (veto) em comparações entre alternativas com imprecisões.

A terceira semelhança entre as correntes é que ambas aplicam, usualmente, pesos para diferenciar os graus de significância de cada um dos critérios adotados em um processo de tomada de decisão. Isso ocorre porque cada critério representa uma dimensão de avaliação própria, sendo que as diferentes dimensões possuem diferentes impactos no resultado total da avaliação. Por fim, os métodos das duas Escolas também costumam apresentar análises de sensibilidade ao final de suas aplicações, pois pode ser útil compreender se os resultados obtidos são coerentes com a realidade do problema. Análises de sensibilidade contribuem como suporte às recomendações.

### 2.2.2. Tipos de problemáticas

O Apoio Multicritério à Decisão pode apresentar diferentes tipos de problemáticas associadas a uma decisão que deve ser tomada. Cada um desses tipos representa um objetivo distinto, o qual se planeja atingir ao fim do processo decisório, por meio da aplicação de um método baseado no AMD. De acordo com Campos (2011), é de suma importância identificar qual é a problemática relacionada à tomada de decisão em questão, pois isso determinará aspectos essenciais do processo e do modelo a ser adotado para atingir o objetivo desejado. No trabalho de Campos, a autora destaca quatro tipos de problemáticos que foram definidos por Bernard Roy, em 1996.

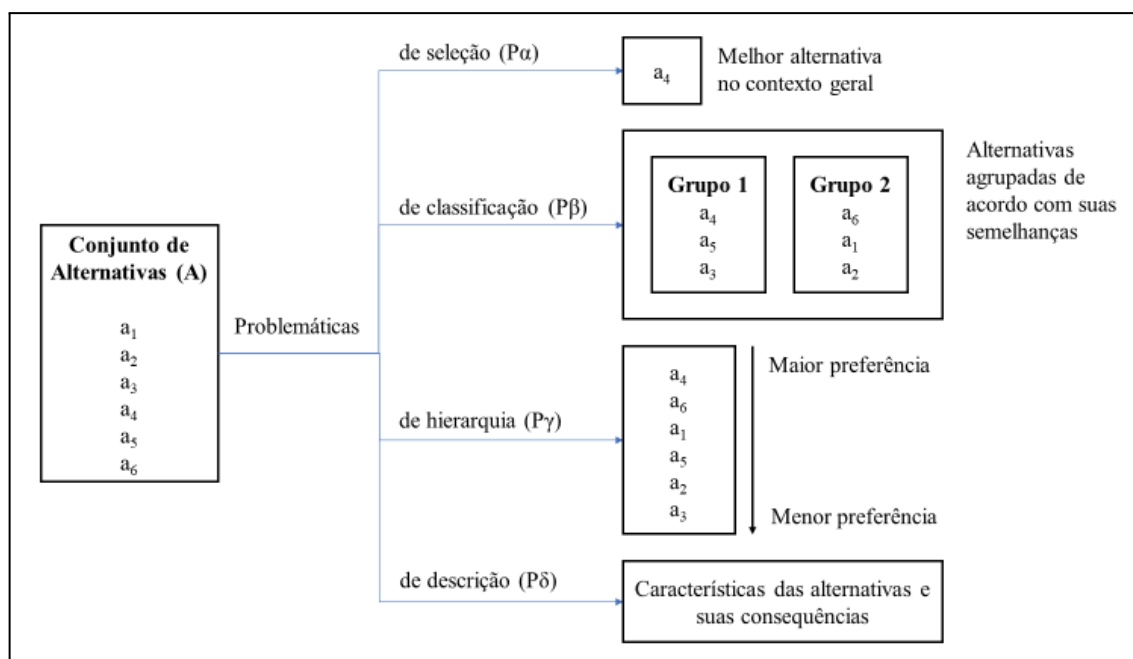
O primeiro tipo é a problemática de seleção ( $P\alpha$ ), na qual o objetivo é selecionar a melhor alternativa (ou o melhor subconjunto) dentro de um conjunto de alternativas  $A$ . A partir da comparação entre alternativas, seja por agregação total (comparação simultânea entre todas as alternativas) ou parcial (comparação par a par entre as alternativas), é possível descartar alternativas com baixo desempenho nos critérios selecionados para a decisão.

Assim, seleciona-se a alternativa com melhor resultado no processo, obtendo a potencial solução para o problema inicial.

O segundo tipo é a problemática de classificação ( $P\beta$ ), cujo objetivo é criar categorias de alternativas com características semelhantes, especialmente os resultados obtidos nas avaliações. Desse modo, cria-se uma forma de organizar e filtrar as alternativas durante o processo, contribuindo para um melhor direcionamento das decisões tomadas. Já a terceira problemática é a de hierarquia ( $P\gamma$ ), voltada para a ordenação das alternativas, da melhor para a pior (comparando os resultados). Isso permite a formação de um plano de ação, focado em implementar as alternativas de acordo com a ordem de relevância obtida pela hierarquia.

Por fim, o último tipo de problemática é a de descrição ( $P\delta$ ), focada apenas em descrever as opções de um conjunto A de alternativas, considerando as potenciais consequências de cada elemento do conjunto e características necessárias para apoiar o tomador de decisão durante o processo. Para Campos, existem situações em que o uso do AMD para uma tomada de decisão pode envolver mais de um tipo de problemática, o que também influencia no planejamento e desenvolvimento do processo decisório. A seguir há uma figura que resume os quatro tipos de problemáticas destacadas anteriormente.

Figura 4 - Tipos de problemáticas multicritério



Fonte: Adaptado de Campos (2011, p.51)



### 2.2.3. Modelagens de preferência e de compensação

A modelagem de preferência é um método utilizado pelo AMD, que permite estabelecer relações entre alternativas de um problema multicritério. Como a seleção da melhor alternativa para solucionar o problema depende da análise de diferentes pontos de vista e critérios, o AMD é voltado para apoiar a escolha de uma solução de compromisso (uma alternativa de consenso entre os agentes envolvidos), ao invés de uma solução ótima (geralmente unidimensional) (GOMES, 2009).

Por conta desse fato, existe uma certa incompatibilidade no uso de métricas estritamente numéricas para estabelecer relações de comparação entre alternativas em um problema multicritério. O motivo disso é que as representações numéricas raramente são capazes de traduzir todos os aspectos considerados em uma avaliação multicritério, sendo mais adequadas para análises unidimensionais (voltadas para definição de uma solução ótima, o que não é o caso do AMD). Sendo assim, tem-se a modelagem de preferência, cujo objetivo é caracterizar relações explícitas para representar algumas convicções básicas ou posições (GONÇALVES, 2001).

Em alguns modelos de apoio à decisão, baseados no AMD, a modelagem de preferência ocorre por uma comparação binária entre um par de alternativas. Tal comparação propõe-se a dar um significado para os dados coletados durante o processo decisório, e permitir que tais informações sejam interpretadas pelo tomador de decisão, a fim de que ele possa definir sua preferência sobre uma das alternativas (CAMPOS, 2011). A aplicação da modelagem de preferência nesses moldes consegue assimilar informações subjetivas dos agentes envolvidos no processo e ainda lidar com incertezas.

Segundo Roy (1996), existem quatro relações básicas entre um par de alternativas, as quais definem a forma como duas alternativas podem ser comparadas. A primeira relação possível entre duas alternativas é a de indiferença (I), sendo que seu significado reflete uma situação de equivalência entre duas alternativas (sua notação é  $a I b$ , quando uma alternativa  $a$  é indiferente a uma alternativa  $b$ ). A segunda relação é a de preferência estrita (P), existente quando a comparação entre duas alternativas evidencia motivos suficientes para comprovar uma preferência significativa de uma alternativa sobre outra (sua notação é  $a P b$ , quando uma alternativa  $a$  é preferível estritamente em relação a uma alternativa  $b$ ).

Há também a relação de preferência fraca (Q), na qual existem motivos que justificam a não preferência por uma das alternativas comparadas, porém eles são insuficientes para garantir a preferência pela outra alternativa do par (sua notação é  $a Q b$ , quando uma

alternativa  $a$  é preferível, de maneira fraca, em relação a uma alternativa  $b$ ). Ou seja, é possível que, em uma relação  $a Q b$ , existam motivos que justificam a não preferência por  $b$ , mas eles não são suficientes para afirmar que  $a$  é uma alternativa preferível. Por fim, a quarta relação possível é a de incomparabilidade ( $R$ ), correspondente à situação de inexistência de motivos que comprovem a preferência de uma alternativa sobre a outra, a equivalência entre elas, ou até mesmo a viabilidade de uma delas. Em suma, é uma situação em que não é possível comparar o dado par de alternativas (sua notação é  $a R b$ , quando as alternativas são incompatíveis entre si).

Há também a relação de sobreclassificação, também conhecida como *outranking*, definida pela existência de motivos que asseguram a superação de uma alternativa  $a$  sobre outra alternativa  $b$ , isto é, o quanto uma alternativa é favorável em comparação a outra (sua notação pode ser escrita como  $a S b$ ) (CAMPOS, 2011). A relação de sobreclassificação representa o grau de credibilidade entre pares de alternativas, o que engloba a preferência, indiferença e incomparabilidade. Entende-se que uma alternativa sobreclassifica outra quando a primeira apresenta preferência sobre a segunda, ao mesmo tempo em que não há indiferença e nem incompatibilidade entre elas.

Quadro 3 - Resumo das relações entre alternativas

Símbolo	Nome da relação	Natureza da relação
$P (a P b)$	Relação de preferência estrita	Existem motivos suficientes para comprovar uma preferência da alternativa $a$ sobre a alternativa $b$ .
$Q (a Q b)$	Relação de preferência fraca	Existem motivos que justificam a não preferência da alternativa $b$ sobre a alternativa $a$ . Porém, tais motivos são insuficientes para garantir a preferência estrita de $a$ sobre $b$ .
$I (a I b)$	Relação de indiferença	Existem motivos para afirmar que há uma equivalência entre duas alternativas, o que as torna indiferentes entre si.

R ( $a R b$ )	Relação de incomparabilidade	Inexistência de motivos que possibilitem a comparação entre o par de alternativas ( $a$ e $b$ são incompatíveis).
S ( $a S b$ )	Relação de sobreclassificação	Existem motivos suficientes para comprovar que a alternativa $a$ supera a alternativa $b$ , dado que a primeira é preferível em relação à segunda, do mesmo modo em que não há indiferença e incomparabilidade.

Fonte: Elaboração própria, baseada em Roy (1996)

Ademais, os métodos de Apoio Multicritério à Decisão possuem um fator chamado de compensação, referente aos critérios utilizados em um processo de tomada de decisão. A compensação ocorre na comparação entre critérios e suas respectivas avaliações para cada alternativa de solução de um problema. Basicamente, uma alternativa pode apresentar vantagens quando avaliada por um critério, ao mesmo tempo em que apresenta desvantagens de acordo com outro critério. Caso as vantagens em um critério possam ser trocadas pelas desvantagens em outro, existe uma compensação, o que leva o tomador de decisão a estabelecer uma relação de *trade-off* entre os critérios (CAMPOS, 2011). Ao considerar o contexto histórico apresentado anteriormente, o método AHP, da Escola Americana, é considerado compensatório, enquanto os métodos da Escola Europeia são classificados como não compensatórios.

### 2.3. Método ELECTRE III

Para a aplicação deste trabalho, foi selecionado um método de Apoio Multicritério à Decisão, representante da Escola Europeia: o método ELECTRE III (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*). O motivo da escolha deste método é a sua aplicação para problemáticas do tipo de ordenação (hierárquica), o que corresponde ao caso do problema de priorização identificado na Fábrica de Rótulos da Ambev S.A. Além disso, os métodos pertencentes ao grupo ELECTRE são amplamente utilizados na tratativa de problemas multicritérios, sendo que seus resultados são bem aceitos pela comunidade científica e pelos tomadores de decisão que utilizam tais métodos.

### 2.3.1. Características da família ELECTRE

A família composta pelos métodos ELECTRE surgiu a partir do primeiro modelo (ELECTRE I), que foi desenvolvido Bernard Roy e publicado em 1968. Todos os métodos possuem características fundamentais em comum, e se diferenciam na finalidade de suas aplicações, nos tipos de problemáticas capazes de abordar, nos tipos de critérios capazes de utilizar e na adoção ou não de pesos para esses critérios (GROSS, 2010).

Ademais, os métodos da família ELECTRE são não compensatórios, ou seja, as vantagens apresentadas em um critério não compensam as desvantagens encontradas em outro critério. Isso reduz um possível viés que pode surgir no momento de definição dos critérios e na estruturação do próprio processo decisório, facilitando a tomada de decisão e garantindo melhor qualidade do resultado final obtido. Os métodos ELECTRE permitem a incorporação de aspectos subjetivos dos tomadores de decisão, graças ao modelo de preferência por comparação binária entre alternativas, e também é capaz de tratar incertezas de forma a não prejudicar significativamente o resultado final do processo decisório (CAMPOS, 2011).

A comparação entre alternativas é baseada no princípio da concordância, a qual analisa a vantagem de uma opção de solução sobre as demais, bem como o princípio da discordância, que verifica a desvantagem de uma opção em relação às outras. Tais princípios levam à especificação de informações intra e intercritérios, principalmente na forma de relações de superação (ou sobreclassificação) entre alternativas (CAMPOS, 2011). A partir disso, é possível definir valores para os chamados índices de concordância (C) e discordância (D), os quais são valores numéricos, calculados com base nas avaliações (notas) atribuídas para uma dada alternativa do conjunto em cada um dos critérios da tomada de decisão. Esses índices (C e D) representam, respectivamente, a preferência e a oposição que o tomador de decisão apresenta ao comparar uma alternativa  $a$  com outra  $b$ . Eles podem assumir valores que variam entre 0 e 1.

Os índices de concordância (C) e discordância (D) podem ser apresentados em forma matricial, para serem posteriormente analisados. É importante ressaltar que, para estabelecer os valores dos índices de concordância e discordância entre alternativas, devem ser levados em consideração limites/limiares para cada critério, que contribuem para a determinação das relações entre as alternativas (as quais estão presentes no quadro 3) e garantam aos tomadores de decisão a certeza em afirmar que uma alternativa é preferível ou não em relação a outra. Os limites de preferência são definidos como  $p_j$ , enquanto os limites de indiferença são definidos como  $q_j$ , e os limites de veto são definidos como  $v_j$ . Cada um desses limiares é estabelecido

para cada critério  $j$  ( $G_j$ ) definido pelos tomadores de decisão. Os limites de preferência e de indiferença são utilizados nos cálculos do índice de concordância (C), enquanto que o limite de veto é usado na determinação do índice de discordância (D), em conjunto com o índice de concordância (C).

Logo, para que se possa afirmar que existe uma relação de sobreclassificação entre duas alternativas ( $a S b$ ), é necessário comparar o índice de concordância (C) com o índice de discordância (D), por meio de cálculos matemáticos, de modo que estabelecer a superação entre as alternativas e consequentemente ranqueá-las. Segundo Gonçalves (2001), cabe aos tomadores de decisão definir valores para os limites de preferência, de indiferença e de veto, seja com base em parâmetros estatísticos ou em experiências pessoais (subjetivas), de modo a caracterizar a estrutura de preferências de um dado problema multicritério. O processo de tomada de decisão pode ser mais flexível ou rigoroso, a depender dos valores que forem fixados como limites, o que é um reflexo das próprias preferências estabelecidas pelos agentes de decisão.

### 2.3.2. Características do próprio ELECTRE III

O método ELECTRE III foi elaborado por Bernard Roy, em 1978, sendo aplicado e utilizado para situações que correspondem ao tipo de problemática  $P_\gamma$ , as problemáticas de hierarquia (ordenação), nas quais se tem como objetivo encontrar uma relação de preferência entre as alternativas de um conjunto de possíveis soluções (criar um ranqueamento entre as alternativas). Este método, assim como os outros métodos da família, é discreto: funciona com uma base formada por uma quantidade finita de alternativas; e o seu funcionamento é baseado na agregação parcial de tais alternativas, ou seja, na comparação entre pares de alternativas, a fim de se estabelecer a relação de superação entre elas (CAMPOS, 2011).

O ELECTRE III é definido por duas etapas principais: a etapa de criação da relação de sobreclassificação (ou *outranking*); e a etapa da exploração dessa relação (PEREIRA, BASÍLIO, 2020). Na primeira etapa da aplicação deste método, são concebidas as matrizes de concordância e discordância entre as alternativas, para cada um dos critérios adotados no processo decisório, compilando os valores dos índices  $p_j$  e  $q_j$ . Isso leva à relação de sobreclassificação entre cada par de alternativas, o que é denominado *outranking*. Já na segunda etapa, inicia-se a classificação das iniciativas, com o intuito de ordená-las e, posteriormente, obter a classificação final de preferência para o conjunto composto pelas possíveis soluções para o problema multicritério.

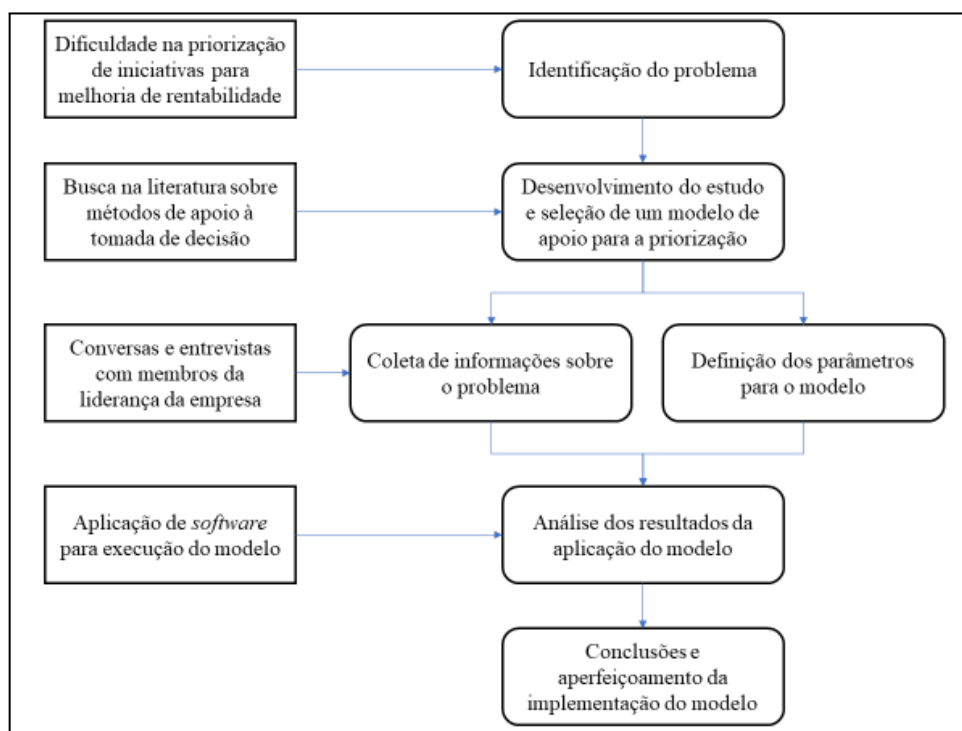
### 3. MÉTODO

O estudo presente neste trabalho foi realizado com o intuito de desenvolver e, consequentemente, propor um processo padronizado de apoio à tomada de decisão, o qual seja analítico e objetivo, de modo que ele proporcione condições mais práticas e eficazes para tomada de decisão, em comparação com a situação existente na empresa no momento de realização do trabalho.

É fundamental para a Fábrica de Rótulos obter um método que permita que decisões sejam tomadas utilizando o máximo potencial das informações coletadas e avaliações realizadas. A liderança da fábrica tem interesse na capacidade de tomar futuras decisões de maneira cada vez mais assertiva, o que é possível com a utilização de um processo padronizado, composto por técnicas de priorização de alternativas que sejam aplicáveis a diferentes contextos e gerem planos de ação que otimizem o uso de recursos (esforços) e obtenção de resultados positivos.

A partir destas premissas, foi selecionada uma metodologia de apoio multicritério à decisão (AMD), capaz de fornecer soluções específicas para problemas de decisão que envolvem critérios variados (diversos objetivos e condições de contorno), dados possivelmente imprecisos, e grupos de pessoas com interesses distintos (GROSS, 2010).

Figura 5 - Fluxograma de desenvolvimento do estudo



Fonte: Adaptado de Campos (2011, p.101)

### **3.1. Características gerais sobre o estudo**

A metodologia AMD foi utilizada para a elaboração de um caso piloto, ou seja, uma aplicação inicial voltada para a validação do modelo de processo concebido neste trabalho. Tal caso visou a simulação de uma tomada de decisão real, que reflete o cenário vivido pela liderança da Fábrica de Rótulos da Ambev S.A. Para que o caso piloto pudesse ser gerado de forma fidedigna e oferecesse resultados relevantes, foram levantadas informações internas na empresa, em colaboração com membros chave da liderança da fábrica (gerentes responsáveis por projetos), as quais contribuíram para a seleção do conjunto de alternativas que foi utilizado, para a definição dos critérios de avaliação utilizados e também para a avaliação em si de cada alternativa de acordo com os critérios em questão. Logo, pode-se dizer que o estudo deste trabalho apresenta caráter qualitativo, visto que ela teve como enfoque entender o fenômeno do processo de tomada de decisão na Fábrica de Rótulos, por meio de experiências pessoais do próprio autor, de seus relacionamentos com os líderes que atuam na empresa, e também das experiências desses gestores. Além disso, é possível caracterizar este estudo como metodológico, porque teve a pretensão de gerar um processo de tomada de decisão mais eficaz e racional para a liderança da Fábrica de Rótulos (CAMPOS, 2011).

Com base no contexto do problema e na fundamentação teórica apresentados anteriormente, optou-se pela escolha do método ELECTRE III, como metodologia AMD a ser empregada no desenvolvimento deste trabalho. O motivo que justifica a escolha deste método envolve as características particulares do ELECTRE III e sua capacidade de proporcionar um ranqueamento para as alternativas de um determinado problema multicritério. Desta forma, é possível obter uma solução focada na priorização entre as alternativas e no consenso entre os atores envolvidos na tomada de decisão (GROSS, 2010).

### **3.2. Estruturação do método de resolução do problema**

Uma vez definido o método ELECTRE III para utilização no caso piloto, pôde-se determinar as iniciativas que compõem o conjunto de alternativas do problema, bem como os critérios de avaliação, seus pesos e escalas. Todos estes elementos do processo decisório são abordados com mais detalhes nas próximas seções deste trabalho. E para permitir que a aplicação do ELECTRE III no caso piloto fosse simples e prática, conforme o objetivo estabelecido, foi empregado um *software* chamado J-ELECTRE. Este *software* viabiliza a aplicação de diversos métodos da família ELECTRE, sem necessidade que o usuário realize

todos os cálculos matemáticos inclusos no método (basta apenas que o usuário possua os dados de *input* necessários). Uma descrição mais detalhada sobre o J-ELECTRE também está presente em uma seção adiante.

Embora o *software* J-ELECTRE seja capaz de facilitar a obtenção do ranqueamento de alternativas, os resultados são exibidos para os usuários em forma matricial, o que pode dificultar a compreensão e a interpretação dos mesmos por pessoas que não sejam versadas em conhecimentos da área de exatas. Com o intuito de minimizar esse potencial impacto negativo na interpretação dos resultados gerados pelo *software*, foi concebida uma planilha auxiliar que transforma as informações contidas nas matrizes em frases de simples entendimento em língua portuguesa. Assim, espera-se que os tomadores de decisão na Fábrica de Rótulos, ao usarem o *software* J-ELECTRE, não tenham grandes dificuldades em converter a priorização das iniciativas em planos de ações eficazes.

Portanto, o caso piloto consiste em uma prévia do processo de apoio à tomada de decisão que se deseja implementar no contexto da Fábrica de Rótulos da Ambev S.A. O uso do *software* é focado para auxiliar com a parte teórica da tomada de decisão, entretanto, vale ressaltar que as etapas referentes à escolha de critérios, pesos e escalas, bem como seleção de alternativas, ainda cabem aos agentes envolvidos no processo, que no caso são os membros da liderança da Fábrica de Rótulos, através de reuniões e discussões voltadas para esta questão. Por fim, após a realização da aplicação inicial, foi enfatizada a análise dos resultados obtidos e o entendimento a respeito da eficácia da solução obtida, isto é, se a utilização do *software* e de um método multicritério para apoio à tomada de decisão realmente foram úteis para a rotina da Fábrica de Rótulos, e se isso facilitou a priorização de iniciativas para a criação de planos de ação.

### **3.3. Análise da ferramenta: *software* J-ELECTRE**

O *software* J-ELECTRE é uma aplicação desenvolvida em linguagem de programação Java, capaz de executar, de forma prática, métodos de apoio à tomada de decisão pertencentes à família ELECTRE, sendo eles: Electre I, Electre I<sub>s</sub>, Electre I<sub>v</sub>, Electre II, Electre III, Electre IV, Electre TRI e Electre TRI ME (Multi-Evaluator). A versão do *software* utilizada neste trabalho é a versão 3.0, a qual foi desenvolvida pelo professor Valdecy Pereira, da Universidade Federal Fluminense (UFF), em parceria com a pesquisadora Livia Dias de Oliveira Nepomuceno, também formada pela UFF. A versão mais atualizada do J-ELECTRE-v3.0 (abril de 2021) foi obtida através da plataforma de *softwares open source*,



SourceForge, na qual o *software* em questão encontra-se disponível para *download* e utilização gratuita.

Um ponto importante a respeito do J-ELECTRE-v3.0 é que ele se caracteriza como um arquivo executável (do tipo .exe) que não precisa ser instalado no dispositivo do usuário. Após o *download* na plataforma SourceForge, além do arquivo executável do J-ELECTRE, outros arquivos relevantes para o usuário do *software* são o guia do usuário (um arquivo .pdf com as principais instruções de uso da versão 3.0) e o arquivo README (arquivo .txt que contém informações sobre os autores da aplicação), ambos criados pelos próprios autores dos *softwares*. A seguir estão presentes informações (e as respectivas imagens), com base no conteúdo do guia do usuário, sobre a interface do *software* com o usuário, a forma como os métodos são selecionados, os *inputs* de dados são feitos, e como os *outputs* são obtidos e apresentados para o usuário.

### 3.3.1. Interface com o usuário e *input* de dados

Ao iniciar o arquivo executável do *software*, o usuário irá se deparar com a tela apresentada na figura 6. Em seguida, o usuário pode então selecionar qual dos métodos da família ELECTRE ele deseja utilizar na aplicação (basta apenas selecionar com um clique no círculo do método escolhido).

Após definir o método, o usuário deve ajustar os parâmetro referentes à decisão envolvida em seu problema, ou seja, ele precisa indicar a quantidade de alternativas a serem consideradas (representadas por “*Actions*” na janela do *software*) e a quantidade de critérios (representados por “*Criteria*” na janela do *software*). É necessário ressaltar que tanto o número de alternativas, quanto o número de critérios, pode variar de 2 (dois) até 1000 (mil). Além disso, o *software* é apenas capaz de avaliar situações em que os critérios são de maximização, isto é, situações do tipo “quanto maior, melhor”, o que implica que alternativas com notas maiores, serão avaliadas como melhores do que alternativas com notas menores. Caso existam critérios que não sejam de maximização, os tomadores de decisão devem transformar os critérios, para que eles se enquadrem no formato exigido pelo *software*.

Figura 6 - Tela inicial do *software* e seleção de um método

Fonte: *Software* J-ELECTRE-v3.0

Para ajustar os parâmetros, basta usar os botões de setas para aumentar ou diminuir as quantidades, até se obter os valores corretos. Por fim, o usuário deve clicar no botão “*Matrix*”, sendo o primeiro botão da esquerda para a direita localizado na faixa amarela da janela do *software*. Esse botão permitirá que o usuário faça o *input* dos próximos dados.

Ao clicar no botão “*Matrix*”, o *software* exibirá, em seu canto inferior esquerdo, uma matriz, com as dimensões indicadas anteriormente pelo usuário, juntamente com quatro linhas adicionais para que outros parâmetros possam ser apontados, no caso da seleção do método ELECTRE III. Conforme exibido na figura 7, as quatro linhas adicionais encontram-se na parte superior da matriz, enquanto as demais linhas encontram-se abaixo delas.

Figura 7 - Matriz para *input* de dados do usuário

The screenshot shows the J-ELECTRE-v3.0 software interface. On the left, there are input fields for various parameters, including 'Electre I', 'Electre I\_s', 'Electre I\_v', 'Electre II', 'Electre III' (selected), 'Electre IV', 'Electre TRI', and 'Electre TRI ...'. Each method has associated input fields for 'd', 'c', 'L', 'Cycles', 'Classes', 'Evaluat...', and 'Lam...'. Below these are buttons for 'Actions', 'Criteria', 'Ma...', 'Solve', 'Gr...', and 'Save'. At the bottom left, there is a table with columns 'Matrix', 'g1', 'g2', 'g3', and 'g4'. The rows are labeled 'Q', 'P', 'V', 'W', 'a1', 'a2', 'a3', 'a4', 'a5', and 'a6'. The 'Q', 'P', and 'V' rows are highlighted in green, and the 'W' row is highlighted in yellow. On the right side of the interface, there is a large empty grid with columns labeled A through G and rows numbered 1 through 20.

Fonte: *Software J-ELECTRE-v3.0*

Nessa matriz, o usuário deve preencher as linhas da seguinte forma: a primeira linha (de cabeçalho “Q”) é preenchida com os valores constantes dos limites de indiferença ( $q_i$ ) de cada critério; a segunda linha (de cabeçalho “P”) é preenchida com os valores constantes dos limites de preferência ( $p_i$ ) de cada critério; a terceira linha (de cabeçalho “V”) é preenchida com os valores constantes dos limiares de veto ( $v_i$ ) de cada critério; a quarta linha (de cabeçalho “W”) é preenchida com os valores constantes do peso ( $w_i$ ) de cada critério; já as demais linhas são preenchidas com os valores da avaliação (nota) que cada alternativa recebe para cada um dos critérios indicados.

É importante ressaltar que a relação entre a limites de indiferença, de preferência e de veto é:  $0 \leq Q \leq P \leq V$ ; e que as notas das alternativas para cada critério devem seguir as escalas especificadas inicialmente pelos tomadores de decisão no início do processo. Os valores que irão povoar a matriz do método podem ser inseridos de forma manual, ou então colados diretamente de uma planilha feita na ferramenta Microsoft Excel.

Figura 8 - Matriz de *inputs* preenchida

The screenshot shows the J-ELECTRE-v3.0 software interface. The window title is "J-ELECTRE-v3.0 - github.com/Valdecy". The interface is divided into several sections:

- Left Panel (Inputs):** Contains radio buttons for selecting a method: "Electre I", "Electre I\_s", "Electre I\_v", "Electre II", "Electre III" (selected), "Electre IV", "Electre TRI", and "Electre TRI ...". Below these are input fields for "Classes" (set to 2) and "Lam..." (set to 0,5). There are also "Cycles" input fields (set to 30) and "Evaluat..." (set to 2).
- Actions Bar:** A yellow bar with buttons for "Actions" (set to 6), "Criteria" (set to 4), "Ma...", "Solve", "Gr...", and "Save".
- Matrix Table:** A table with 6 columns (g1, g2, g3, g4) and 11 rows (Q, P, V, W, a1, a2, a3, a4, a5, a6). The first four rows (Q, P, V, W) are highlighted in green. The values are:
 

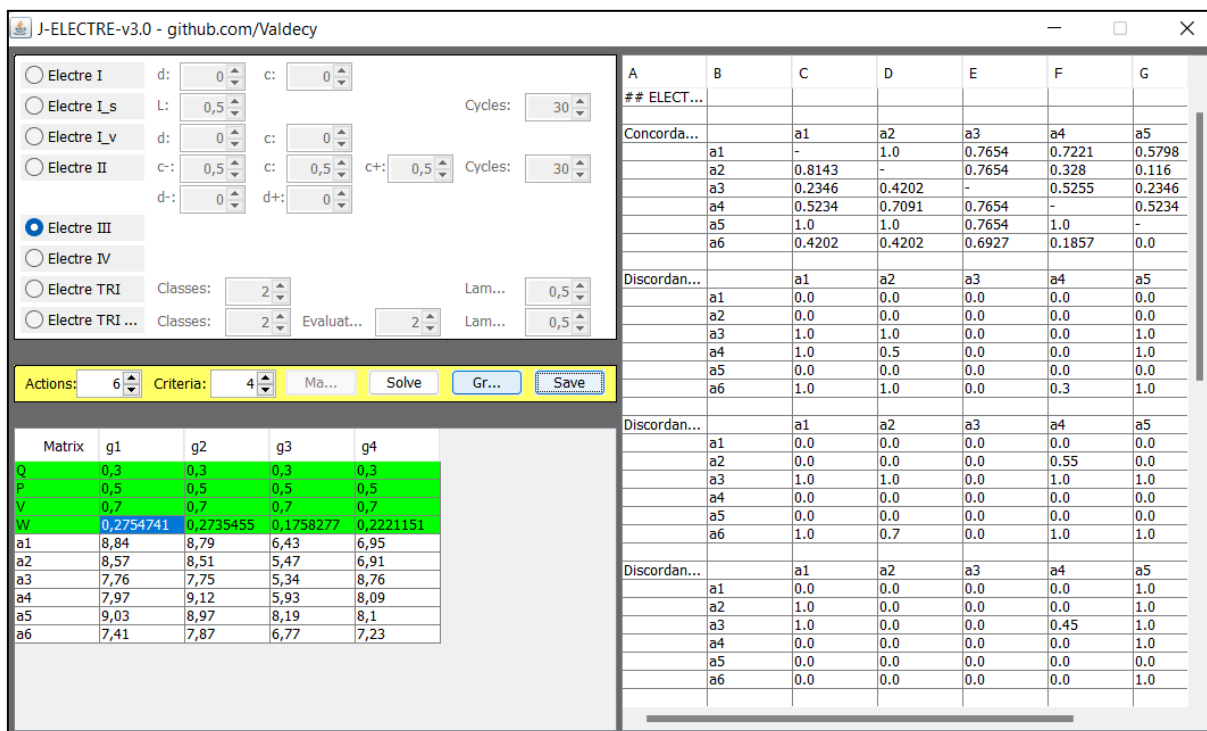
Matrix	g1	g2	g3	g4
Q	0,3	0,3	0,3	0,3
P	0,5	0,5	0,5	0,5
V	0,7	0,7	0,7	0,7
W	0,2754741	0,2735455	0,1758277	0,2221151
a1	8,84	8,79	6,43	6,95
a2	8,57	8,51	5,47	6,91
a3	7,76	7,75	5,34	8,76
a4	7,97	9,12	5,93	8,09
a5	9,03	8,97	8,19	8,1
a6	7,41	7,87	6,77	7,23
- Right Panel:** A large empty grid with columns labeled A through G and rows for data entry.

Fonte: *Software J-ELECTRE-v3.0*

Após povoar a matriz com os dados, o usuário deve clicar no botão “*Solve*”, que é o segundo da esquerda para a direita na região da faixa amarela. Este botão irá gerar uma resolução para a aplicação do método selecionado, com base nas informações fornecidas pelo usuário. Em seguida, o *software* irá oferecer seus *outputs*, que são os resultados obtidos em sua análise, na forma de matrizes.

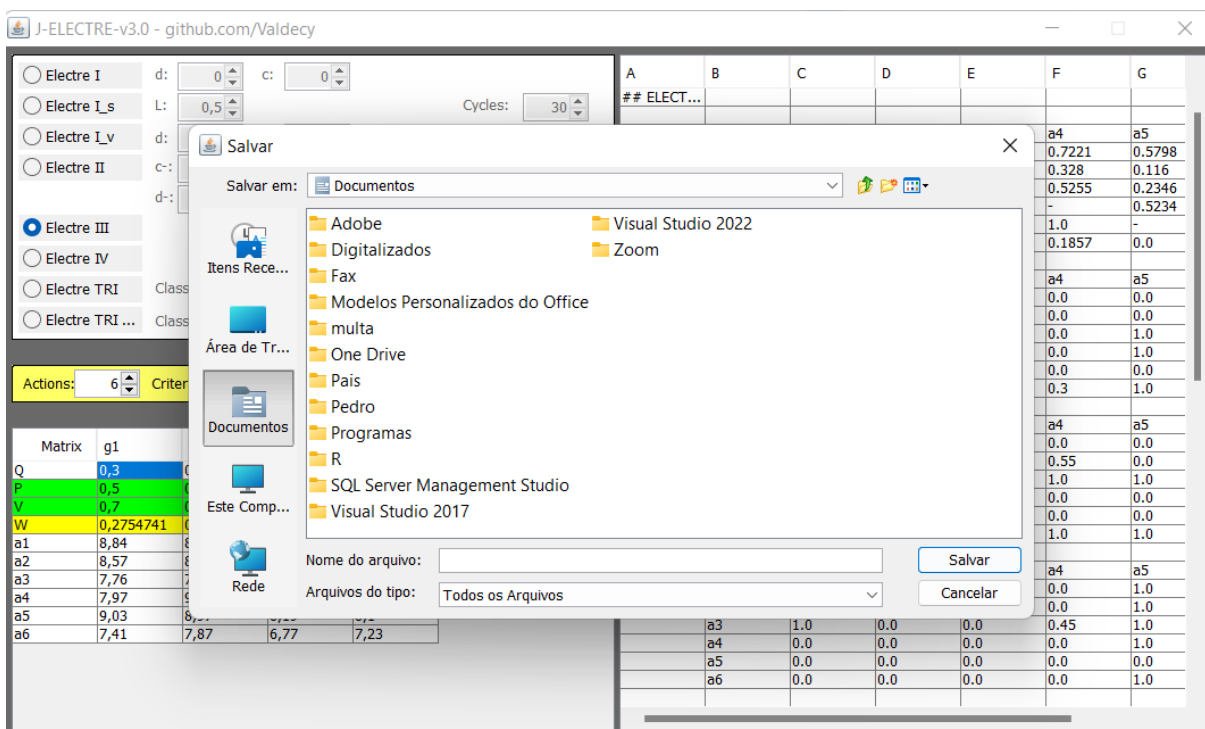
### 3.3.2. *Outputs* e resultados do *software*

Inicialmente, os *outputs* gerados são apresentados na parte direita da janela própria do *software*. Os resultados são fornecidos em forma de tabela, a qual possui cada uma das matrizes relevantes para o método multicritério que foi escolhido pelo usuário no início da aplicação. O usuário pode utilizar as barras de rolagem localizadas nas regiões inferior e direita da área dos *outputs*, para que assim as matrizes possam ser visualizadas em sua totalidade.

Figura 9 - *Outputs* geradas pelo *software*Fonte: *Software* J-ELECTRE-v3.0

O usuário também pode optar por utilizar outros dois botões disponíveis na região da faixa amarela da parte esquerda da janela do *software*: o botão “*Graph*” e o botão “*Save*”. O botão “*Graph*” tem como funcionalidade a exibição dos resultados obtidos pelo *software* em forma gráfica. Os gráficos gerados por este botão são complementares às matrizes de outputs obtidas pelo botão “*Solve*”, pois representam uma outra maneira de interpretar os resultados gerados na solução do método multicritério. Os gráficos são abordados mais adiante, neste mesmo tópico, juntamente com o ambiente que contém tais resultados.

Já o botão “*Save*” tem como finalidade permitir que o usuário salve os *outputs* obtidos após sua aplicação do *software* J-ELECTRE. A forma como os resultados são salvos é em arquivo Excel (.XLS), o qual contém todas as matrizes exibidas na janela do *software*, em seu lado direito. Ao optar por salvar o arquivo, o usuário pode definir em qual local do seu dispositivo ele deseja gravá-lo, por meio de uma janela *pop-up* aberta pelo próprio *software*, em que o caminho pode ser indicado, conforme a figura a seguir.

Figura 10 - Janela para salvar o arquivo após a resolução do *software*

Fonte: *Software J-ELECTRE-v3.0*

Com relação às matrizes apresentadas pelo J-ELECTRE, cada método multicritério de apoio à tomada de decisão possui o seu conjunto específico de resultados. No caso em questão, aqui estão presentes descrições sobre cada uma das matrizes geradas pelo software ao ser feita uma aplicação do método ELECTRE III, o qual foi escolhido para compor o desenvolvimento deste estudo. Cada uma das matrizes representa os valores de índices destacados anteriormente, que são calculados durante a aplicação do método e proporcionam as informações necessárias para o apoio à tomada de decisão.

Em primeiro lugar, tem-se a matriz de concordância, uma matriz cujas linhas e colunas são referentes ao conjunto de alternativas definido pelo usuário. Os valores presentes nessa matriz são os índices de concordância (C), representando o quanto uma alternativa é favorável em comparação a outra, sendo que a leitura da matriz deve ser feita comparando os valores opostos pela diagonal principal. O valor que for maior entre os dois comparados indica que a alternativa de sua linha é mais vantajosa do que a alternativa de sua coluna.

Em segundo lugar, existem as matrizes de discordância, que são únicas para cada critério elencado pelo usuário do *software*. Elas também são matrizes que apresentam linhas e colunas identificadas por cada uma das alternativas. Em cada uma dessas matrizes, os valores presentes são os índices de discordância (D), que indicam o quanto uma alternativa é

desvantajosa em comparação com outra. Para se obter uma interpretação deste resultado, também é necessário realizar a leitura comparando dois valores que são opostos pela diagonal principal da matriz. Assim, o maior valor entre ambos sinaliza que a alternativa de sua linha é mais desvantajosa do que a alternativa de sua coluna.

Além disso, tem-se a matriz de credibilidade, que, igual às outras matrizes já apresentadas, possui as alternativas definidas em suas linhas e colunas. Nesta matriz são apresentados os valores referentes aos cálculos da relação de sobreclassificação entre os pares de alternativas, os quais são determinados com base nos índices de concordância e discordância presentes nas matrizes anteriores. Ao interpretar os resultados da matriz de credibilidade, é possível compreender se a alternativa de uma dada linha supera outra alternativa de uma dada coluna.

Figura 11 - Matrizes de resultados geradas pelo *software*

## ELECTRE III ##						
Concordance Matrix:	<b>a1</b>	<b>a2</b>	<b>a3</b>	<b>a4</b>	<b>a5</b>	<b>a6</b>
<b>a1</b>	-	1,0000	0,7654	0,7221	0,5798	0,9629
<b>a2</b>	0,8143	-	0,7654	0,3280	0,1160	0,7909
<b>a3</b>	0,2346	0,4202	-	0,5255	0,2346	0,8143
<b>a4</b>	0,5234	0,7091	0,7654	-	0,5234	0,8143
<b>a5</b>	1,0000	1,0000	0,7654	1,0000	-	1,0000
<b>a6</b>	0,4202	0,4202	0,6927	0,1857	0,0000	-

Discordance Matrix (g1):	<b>a1</b>	<b>a2</b>	<b>a3</b>	<b>a4</b>	<b>a5</b>	<b>a6</b>
<b>a1</b>	0	0	0	0	0	0
<b>a2</b>	0	0	0	0	0	0
<b>a3</b>	1	1	0	0	1	0
<b>a4</b>	1	0,5	0	0	1	0
<b>a5</b>	0	0	0	0	0	0
<b>a6</b>	1	1	0	0,3	1	0

Discordance Matrix (g2):	<b>a1</b>	<b>a2</b>	<b>a3</b>	<b>a4</b>	<b>a5</b>	<b>a6</b>
<b>a1</b>	0	0	0	0	0	0
<b>a2</b>	0	0	0	0,55	0	0
<b>a3</b>	1	1	0	1	1	0
<b>a4</b>	0	0	0	0	0	0
<b>a5</b>	0	0	0	0	0	0
<b>a6</b>	1	0,7	0	1	1	0

Discordance Matrix (g3):	<b>a1</b>	<b>a2</b>	<b>a3</b>	<b>a4</b>	<b>a5</b>	<b>a6</b>
<b>a1</b>	0	0	0	0	1	0
<b>a2</b>	1	0	0	0	1	1
<b>a3</b>	1	0	0	0,45	1	1
<b>a4</b>	0	0	0	0	1	1
<b>a5</b>	0	0	0	0	0	0
<b>a6</b>	0	0	0	0	1	0

Discordance Matrix (g4):	<b>a1</b>	<b>a2</b>	<b>a3</b>	<b>a4</b>	<b>a5</b>	<b>a6</b>
<b>a1</b>	0	0	1	1	1	0
<b>a2</b>	0	0	1	1	1	0
<b>a3</b>	0	0	0	0	0	0
<b>a4</b>	0	0	0,85	0	0	0
<b>a5</b>	0	0	0,8	0	0	0
<b>a6</b>	0	0	1	1	1	0

Credibility Matrix:	<b>a1</b>	<b>a2</b>	<b>a3</b>	<b>a4</b>	<b>a5</b>	<b>a6</b>
<b>a1</b>	-	1	0	0	0	1
<b>a2</b>	0	-	0	0	0	0
<b>a3</b>	0	0	-	0	0	0
<b>a4</b>	0	1	0	-	0	0
<b>a5</b>	1	1	1	1	-	1
<b>a6</b>	0	0	0	0	0	-



Ranking:	Ascend.	Descend.	Average
<b>a1</b>	3	2	2,5
<b>a2</b>	4	4	4
<b>a3</b>	2	4	3
<b>a4</b>	3	3	3
<b>a5</b>	1	1	1
<b>a6</b>	4	4	4

Dominance Matrix:	a1	a2	a3	a4	a5	a6
<b>a1</b>	-	P+	R	P+	P-	P+
<b>a2</b>	P-	-	P-	P-	P-	I
<b>a3</b>	R	P+	-	R	P-	P+
<b>a4</b>	P-	P+	R	-	P-	P+
<b>a5</b>	P+	P+	P+	P+	-	P+
<b>a6</b>	P-	I	P-	P-	P-	-

Fonte: *Software J-ELECTRE-v3.0*

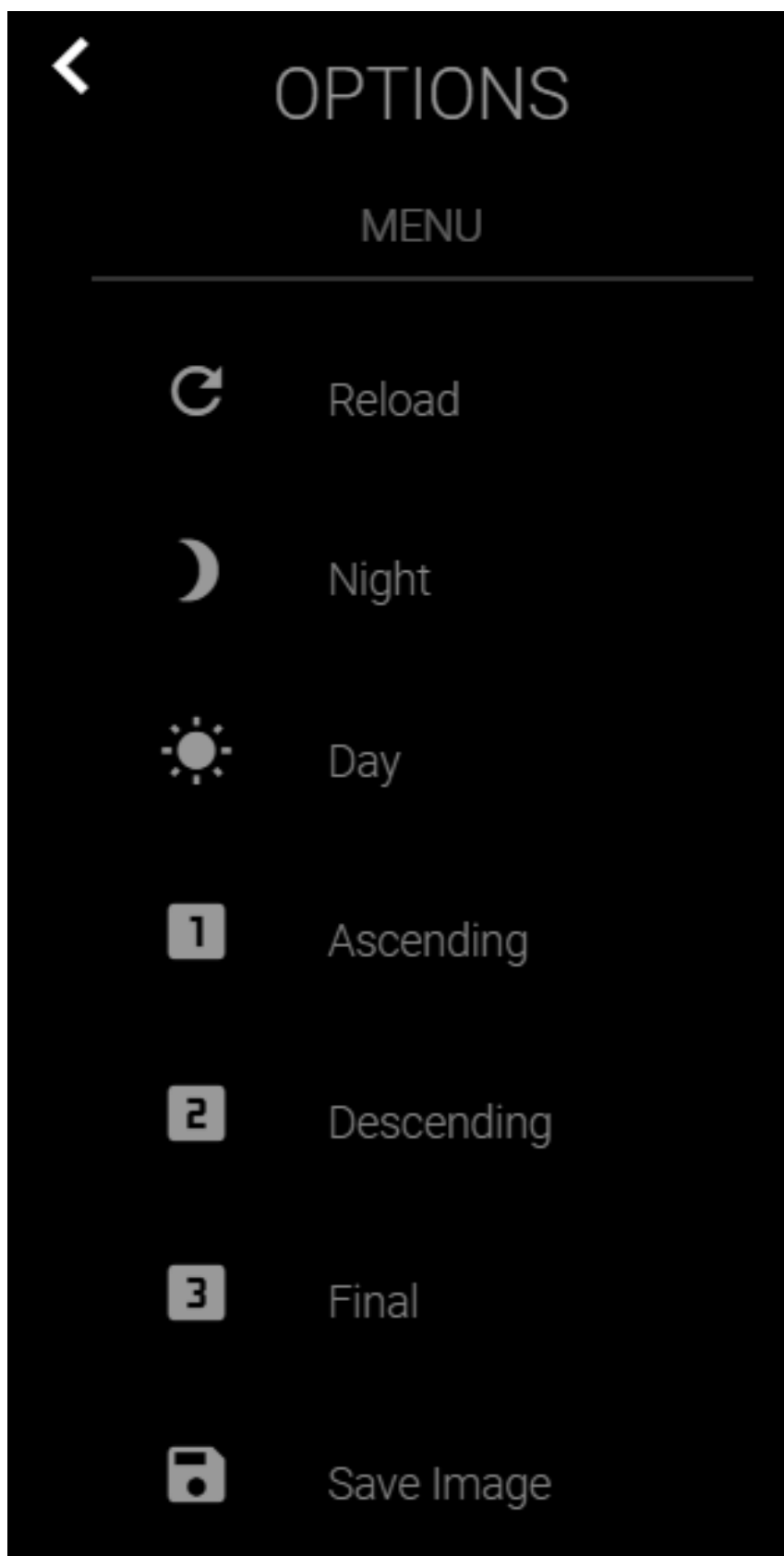
A partir da matriz de credibilidade, o *software* é capaz de elaborar a matriz de dominância e o ranqueamento do conjunto de alternativas definido pelo usuário. A matriz de dominância apresenta os resultados da análise do método ELECTRE III, identificando o tipo de relacionamento entre cada par de alternativas, conforme os tipos de relações básicas definidos por Roy (1996) e expostos anteriormente. Nesta matriz, as linhas e colunas também fazem referência às alternativas do problema em questão, enquanto que seus campos são preenchidos com uma simbologia própria, definida pelos autores do *software*. O símbolo P+ caracteriza a relação de preferência estrita (P); o símbolo P- representa a preferência fraca (Q) entre duas alternativas; enquanto os símbolos I e R mantêm seu significado original, sendo respectivamente a relação de indiferença (I) e a relação de incomparabilidade (R).

Por fim, o ranqueamento (*ranking*) produzido pelo *software* apresenta três formas de ordenação: ascendente, descendente e a média (*average*). A ordenação descendente (*descending distillation*) classifica as alternativas a partir do apontamento das melhores opções, considerando o conjunto total de alternativas e também seus subconjuntos. Primeiramente, a melhor alternativa do conjunto é identificada, sendo então classificada como primeiro lugar no *ranking* de priorização, e em seguida sendo segregada, formando um

subconjunto. Neste subconjunto, o processo de identificação da melhor alternativa é repetido, originando outro subconjunto menor do que o anterior. Isto se repete até que sobre apenas a opção configurada como a pior do conjunto total de alternativas (último lugar no *ranking* de priorização). Já a ordenação ascendente (*ascending distillation*) ocorre de forma similar à ordenação descendente, mas a principal diferença entre ambas é que a alternativa a ser identificada e segregada do conjunto é a pior alternativa (último lugar no *ranking* de priorização), o que é repetido de forma sucessiva, até se obter a melhor alternativa do conjunto inicial (CAMPOS, 2011).

Ou seja, a ordenação descendente constrói o ranqueamento a partir do topo (primeiro lugar), selecionando as melhores alternativas, até chegar na base. Enquanto a ordenação descendente constrói o ranqueamento a partir da base (último lugar), escolhendo as piores alternativas, até atingir o topo, segundo os resultados gerados pelo método ELECTRE III. A ordenação média produzida pelo J-ELECTRE é a média entre os *rankings* das ordenações ascendente e descendente, feita com o intuito de se obter um *ranking* final completo (PEREIRA, NEPOMUCENO, 2021).

Como foi comentado anteriormente, o usuário tem a possibilidade de clicar no botão “*Graph*” da janela do *software* J-ELECTRE, o qual permite que os resultados gerados pelo método sejam visualizados de forma gráfica. Caso o usuário clique no botão mencionado, será aberta uma guia no navegador *web* (página de extensão .HTML), que possui diferentes opções de visualização, correspondendo às três formas de ordenação do *ranking* de priorização do ELECTRE III: ascendente, descendente e média.

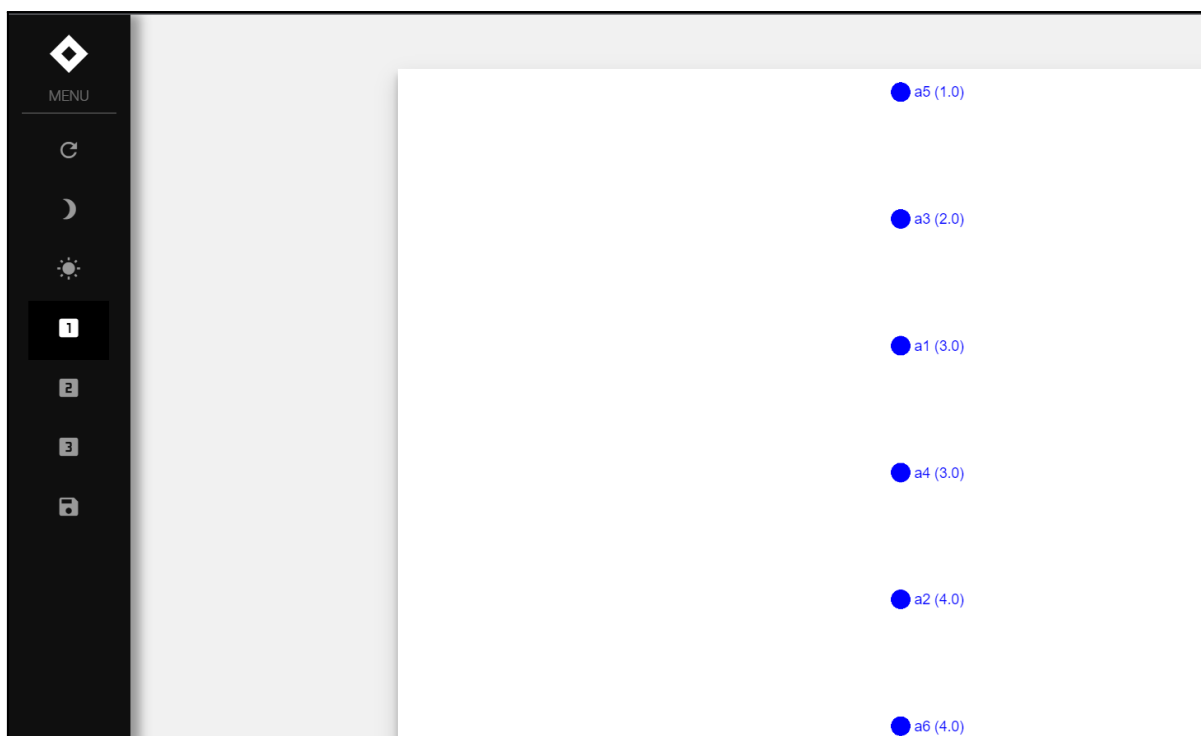
Figura 12 - Menu de opções do *software*

Fonte: *Software J-ELECTRE-v3.0*

A guia no navegador web tem o nome do método que foi utilizado na aplicação do *software* (no caso, ELECTRE III) e conta com um menu de opções de ações que o usuário pode selecionar. Na figura 12, é possível ver a lista com todas as opções, as quais serão descritas, iniciando-se pelo topo da lista. A primeira opção, chamada “*Reload*”, permite que o usuário recarregue a área em que os gráficos são exibidos, podendo atualizá-los. A segunda e a terceira opção, “*Night*” (noite) e “*Day*” (dia), respectivamente, referem-se ao estilo da área em que o gráfico é projeto na guia do navegador: a opção noturna utiliza a cor preta como fundo de tela; e a opção diurna utiliza a cor branca como fundo de tela.

As opções quatro, cinco e seis (“*Ascending*”, “*Descending*” e “*Final*”) correspondem às visualização dos gráficos de cada uma das formas de ordenação do ranqueamento do ELECTRE III, que estão evidenciadas nas figuras 13, 14 e 15, respectivamente. A última opção do menu de ações, “*Save*” (a número sete), apresenta a opção do usuário salvar uma determinada visualização gráfica. Ao clicar nesse botão, a visualização que estiver sendo exibida no momento será baixada como um arquivo do tipo .JPG, permitindo que o usuário possa acessar a imagem posteriormente, após o fechamento da guia no navegador *web*.

Figura 13 - Imagem gráfica do ranqueamento ascendente



Fonte: *Software J-ELECTRE-v3.0*

Figura 14 - Imagem gráfica do ranqueamento descendente

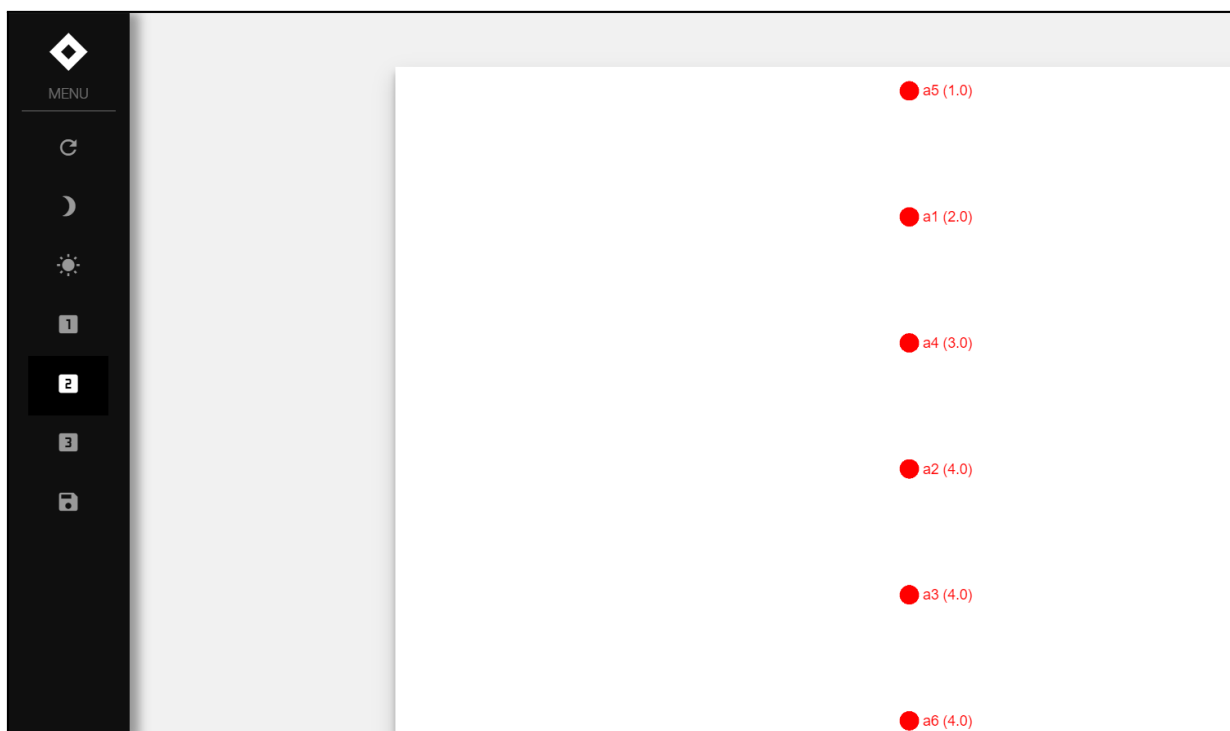
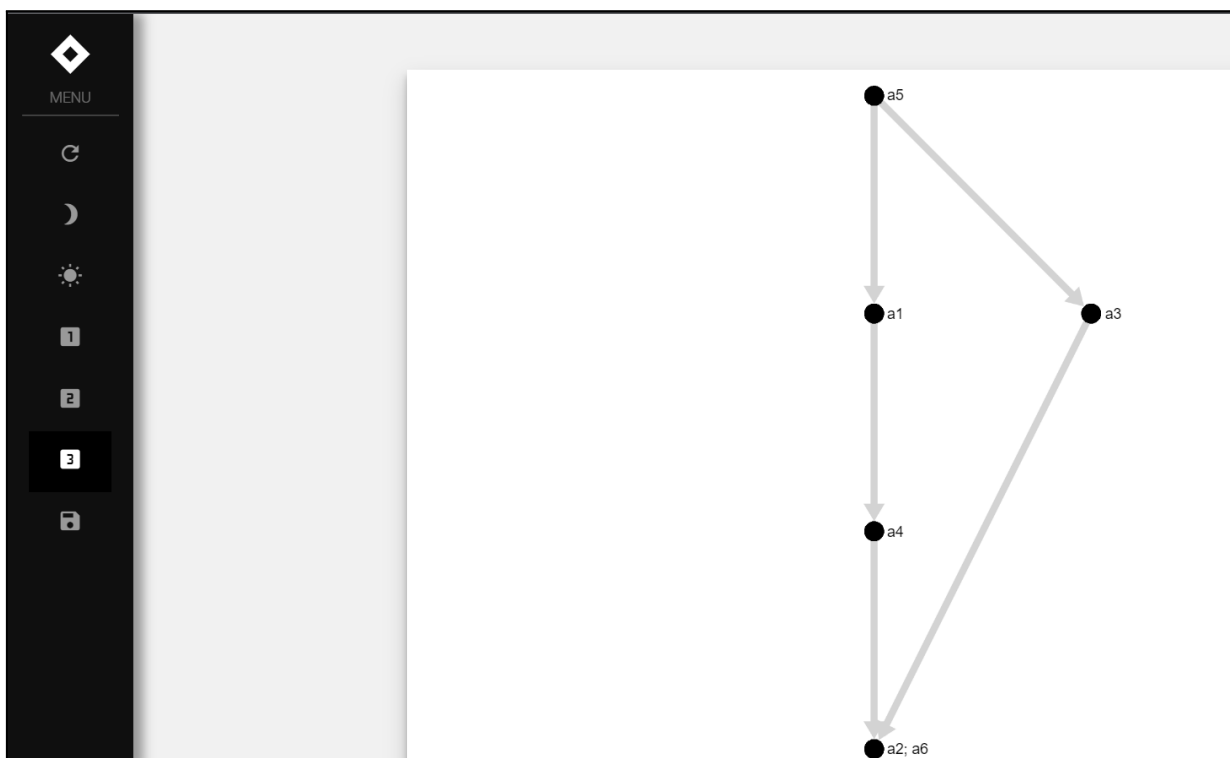
Fonte: *Software J-ELECTRE-v3.0*

Figura 15 - Imagem gráfica do ranqueamento final

Fonte: *Software J-ELECTRE-v3.0*

### 3.4. Planilha de apoio para interpretação dos resultados do *software*

O uso de um método multicritério para apoio à tomada de decisão, como é o caso do ELECTRE III, implica na obtenção de resultados particulares e característicos, sendo eles principalmente compostos por matrizes que contêm valores de cálculos matemáticos próprios do método. A linguagem matemática, inclusive a matricial, não é algo de fácil interpretação, especialmente para pessoas que não possuem familiaridade com a área de exatas. Por conta desse fato, procurou-se desenvolver uma ferramenta capaz de auxiliar na interpretação dos resultados matriciais, mantendo um caráter objetivo e simplificado, que ajude os tomadores de decisão a chegarem em uma solução para seu problema, sem serem prejudicados pela linguagem matricial.

Dessa maneira, foi elaborada uma planilha em Excel, que apoia uma forma de tradução das matrizes geradas pelo *software* J-ELECTRE em expressões da língua portuguesa, que são de entendimento generalizado e abrangente. A fim de atender à proposta de ser uma ferramenta de uso simples, com análises diretas dos resultados, optou-se por focar na interpretação da matriz de dominância proporcionada pelo *software* J-ELECTRE, pois é nesta matriz que se encontram os tipos de relacionamentos entre cada par de alternativas do problema. Assim, uma interpretação dessa matriz em específico já oferece um resultado que possibilita os tomadores de decisão de encontrarem soluções para o problema original.

Para poder utilizar a planilha de apoio, o usuário deve, após abrir o arquivo, colar os valores da matriz de dominância gerada pelo J-ELECTRE na aba “Cole a matriz de dominância”. A planilha foi desenvolvida para suportar uma matriz com até oito alternativas (dimensões 8x8), mas ela também funciona normalmente com um número menor de alternativas para o problema. Em seguida, o usuário já pode mudar a aba da planilha, e observar a aba “Análise dos resultados”, onde estão presentes as interpretações para cada um dos valores da matriz de dominância.

Figura 16 - Exemplo de preenchimento da aba “Cole a matriz de dominância”

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	COLE OS VALORES DA MATRIZ DE DOMINÂNCIA AQUI (DOMINANCE MATRIX)									
2										
3		Dominance Matrix:	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
4		a1	-	P+	R	P+	P-	P+		
5		a2	P-	-	P-	P-	P-	I		
6		a3	R	P+	-	R	P-	P+		
7		a4	P-	P+	R	-	P-	P+		
8		a5	P+	P+	P+	P+	-	P+		
9		a6	P-	I	P-	P-	P-	-		
10		a7								
11		a8								
12										
13										
14										

Pronto

COLE A MATRIZ DE DOMINÂNCIA | Análise dos resultados

Fonte: Elaboração própria

Na aba “Análise dos resultados”, o usuário pode visualizar de forma clara o relacionamento entre cada um dos pares de alternativas, sendo eles: preferência forte (P+), preferência fraca (P-), indiferença (I) e incomparabilidade (R). O relacionamento é descrito por frases em português, e também por uma formatação condicional que segue a seguinte legenda: célula verde para preferência forte, célula amarela para preferência fraca, célula branca com texto em itálico para indiferença, e célula vermelha para incomparabilidade.

Figura 17 - Exemplo da aba “Análise dos resultados” preenchida

a1	tem preferência FORTE sobre	a2	a2	tem preferência FRACA sobre	a1
a1	é INCOMPARÁVEL com	a3	a2	tem preferência FRACA sobre	a3
a1	tem preferência FORTE sobre	a4	a2	tem preferência FRACA sobre	a4
a1	tem preferência FRACA sobre	a5	a2	tem preferência FRACA sobre	a5
a1	tem preferência FORTE sobre	a6	a2	é INDIFERENTE em relação a	a6
a1		a7	a2		a7
a1		a8	a2		a8
a1		a9	a2		a9
a1		a10	a2		a10
a1		a11	a2		a11
a1		a12	a2		a12

a3	é INCOMPARÁVEL com	a1	a4	tem preferência FRACA sobre	a1
a3	tem preferência FORTE sobre	a2	a4	tem preferência FORTE sobre	a2
a3	é INCOMPARÁVEL com	a4	a4	é INCOMPARÁVEL com	a3
a3	tem preferência FRACA sobre	a5	a4	tem preferência FRACA sobre	a5
a3	tem preferência FORTE sobre	a6	a4	tem preferência FORTE sobre	a6
a3		a7	a4		a7
a3		a8	a4		a8
a3		a9	a4		a9
a3		a10	a4		a10
a3		a11	a4		a11
a3		a12	a4		a12

a5	tem preferência FORTE sobre	a1	a6	tem preferência FRACA sobre	a1
a5	tem preferência FORTE sobre	a2	a6	é INDIFERENTE em relação a	a2
a5	tem preferência FORTE sobre	a3	a6	tem preferência FRACA sobre	a3
a5	tem preferência FORTE sobre	a4	a6	tem preferência FRACA sobre	a4
a5	tem preferência FORTE sobre	a6	a6	tem preferência FRACA sobre	a5
a5		a7	a6		a7
a5		a8	a6		a8
a5		a9	a6		a9
a5		a10	a6		a10
a5		a11	a6		a11
a5		a12	a6		a12

COLE A MATRIZ DE DOMINÂNCIA			Análise dos resultados			+
-----------------------------	--	--	------------------------	--	--	---

Fonte: Elaboração própria

Esta planilha gera uma contribuição deveras relevante para a análise de resultados, pois permite entender com mais detalhes e profundidade o processo de formulação do ranqueamento desenvolvido pelo software. É a partir dos relacionamentos entre alternativas que se compreende quais alternativas são melhores do que outras na priorização. Ao identificar relações de indiferença, pode-se assumir o empate entre um par de alternativas. No caso de preferência forte, a primeira alternativa é preferível em relação à segunda. Mas para preferências fracas, pode-se interpretar o oposto, de que a primeira não é preferível sobre a segunda. Já em situações de incomparabilidade, surgem caminhos alternativos de preferência, como pode ser observado na figura 15 (Imagem gráfica do ranqueamento final), devido a impossibilidade de comparar um dado par de alternativas.



O funcionamento da planilha é garantido porque todas essas formas de interpretação são embasadas na própria matriz de dominância, especialmente devido ao fato de que ela apresenta um comportamento similar ao de uma matriz antissimétrica <sup>3</sup>. Se o valor da matriz no campo definido pela linha de uma alternativa  $a$  e a coluna de uma alternativa  $b$  for de preferência forte (P+), então o valor da matriz no campo de linha da alternativa  $b$  e coluna da alternativa  $a$  (campo simétrico ao anterior em relação à diagonal principal da matriz) será de preferência fraca (P-). Ou seja, existe um vínculo de oposição entre campos que são inversos um ao outro, com referência na diagonal principal da matriz. Entretanto, é importante destacar que isso ocorre apenas para campos marcados por relações de preferência (forte ou fraca), e não para campos de indiferença (I) e incomparabilidade (R).

<sup>3</sup> Matriz antissimétrica é uma matriz quadrada, a qual possui como característica particular a igualdade entre sua transposta e sua oposta (cada valor com seu sinal oposto). Caso uma troca de posição entre os termos de uma matriz (tomando a diagonal principal como eixo de simetria) resulte em novos valores que sejam iguais aos opostos dos valores originais em cada posição, tem-se uma matriz antissimétrica.

## 4. APLICAÇÃO EM CASO PILOTO

Com o intuito de verificar se é possível atingir o objetivo principal deste trabalho, optou-se pela realização de um caso piloto, no qual são feitas as aplicações tanto da base teórica levantada, quanto da metodologia estabelecida. A partir dessas aplicações, torna-se viável um maior entendimento sobre a eficácia do método multicritério escolhido, no que diz respeito ao apoio às tomadas de decisão feitas no cenário operacional da Fábrica de Rótulos. Ou seja, avalia-se a capacidade do método multicritério em otimizar o processo de tomada de decisão, minimizando dificuldades e empecilhos da alta liderança da fábrica, conforme o objetivo principal definido anteriormente.

O problema abordado neste caso piloto é referente ao contexto financeiro da Fábrica de Rótulos, no qual se deseja priorizar iniciativas voltadas para o aprimoramento da rentabilidade da planta industrial. O propósito da resolução deste problema é conseguir ranquear diferentes alternativas, de forma a permitir que um plano de ação seja elaborado, sendo que este irá definir a ordem de implementação entre as iniciativas, uma vez que a fábrica não apresenta recursos para uma implementação simultânea de diversas alternativas. Tal priorização deve ser feita de forma padronizada, objetiva e analítica, com parâmetros definidos, de forma que alternativas de redução de custos e alternativas de aumento de receitas possam ser comparadas sob os mesmos critérios de avaliação.

Logo, para a aplicação do caso piloto atender aos aspectos da teoria e da metodologia, devem ser definidas iniciativas para serem comparadas e avaliadas pelo método multicritério, sendo que cada uma das alternativas do conjunto é avaliada de acordo com os critérios estabelecidos. Para estes critérios, são necessários parâmetros, característicos do método ELECTRE III, que foi escolhido para a realização deste trabalho e deste caso piloto, sendo eles: Limite de indiferença (Q), Limite de preferência (P), Limite de veto (V) e Peso (W). Além disso, os critérios também precisam apresentar escalas de avaliação, de forma que seja possível atribuir notas para cada uma das alternativas. Uma vez que todos estes fatores foram definidos, utilizou-se o software J-ELECTRE, que gerou resultados possíveis de serem estudados e que foram analisados de modo aprofundado na próxima seção.

### 4.1. Definição das iniciativas consideradas no caso

Como foi evidenciado ao longo deste trabalho, é deveras importante para a liderança da Fábrica de Rótulos conseguir priorizar de forma objetiva iniciativas que contribuam para a

redução dos custos variáveis industriais (VIC) e para o aumento de receitas, visto que tais metas estão alinhadas com a estratégia da companhia Ambev. Por conta disso, as pessoas que trabalham na fábrica são estimuladas a desenvolver iniciativas voltadas para o cumprimento de tais metas, focando em diferentes operações e etapas do processo produtivo de rótulos. Foram levantadas seis iniciativas para compor o conjunto de alternativas na realização do caso piloto, pois foram as seis ideias que apresentaram o maior grau de estruturação e de detalhamento até a época de elaboração deste trabalho.

A primeira iniciativa (A1) a compor o conjunto é a de substituição de tabuleiros de papelão, comprados como uma matéria prima original (nunca antes utilizada), por pedaços de caixas de papelão tratadas. Os tabuleiros, representados de forma ilustrativa na figura 18, são um elemento que compõem o *packaging* (embalagem) dos rótulos, antes de serem enviados para seu destino final. Essas placas de papelão são inseridas juntamente com os milheiros de rótulos, de forma a preencher espaços vazios dentro das caixas, o que evita que os rótulos sofram algum dano durante a armazenagem e o transporte. A aquisição desse material apresenta um custo significativo no pacote de Embalagens do VIC, dado que a matéria prima comprada é “virgem”.

Consequentemente, foi elaborada uma ideia de aproveitar o reuso de outro material do *packaging*, as caixas de papelão. Devido a mesma composição (papelão), desenvolveu-se a possibilidade de retornar caixas, que foram até as cervejarias levando rótulos, de volta para a Fábrica de Rótulos, para que elas pudessem então ser cortadas em pedaços menores, de forma a imitar os tabuleiros originais, e serem usados na embalagem de novos rótulos em novas caixas. Essa iniciativa envolve um problema de logística reversa, para trazer as caixas de volta das cervejarias para a Fábrica de Rótulos; uma tratativa das caixas, a fim de que elas possam ser inseridas e reutilizadas no processo; e também uma adaptação do processo produtivo, para que as caixas possam ser cortadas na Fábricas de Rótulos e utilizadas em novas embalagens.

Uma implementação bem sucedida da iniciativa de substituição de tabuleiros pode apresentar uma redução nos custos variáveis industriais da planta, e por isso faz parte do conjunto de alternativas do caso piloto.

Figura 18 - Tabuleiros de papelão

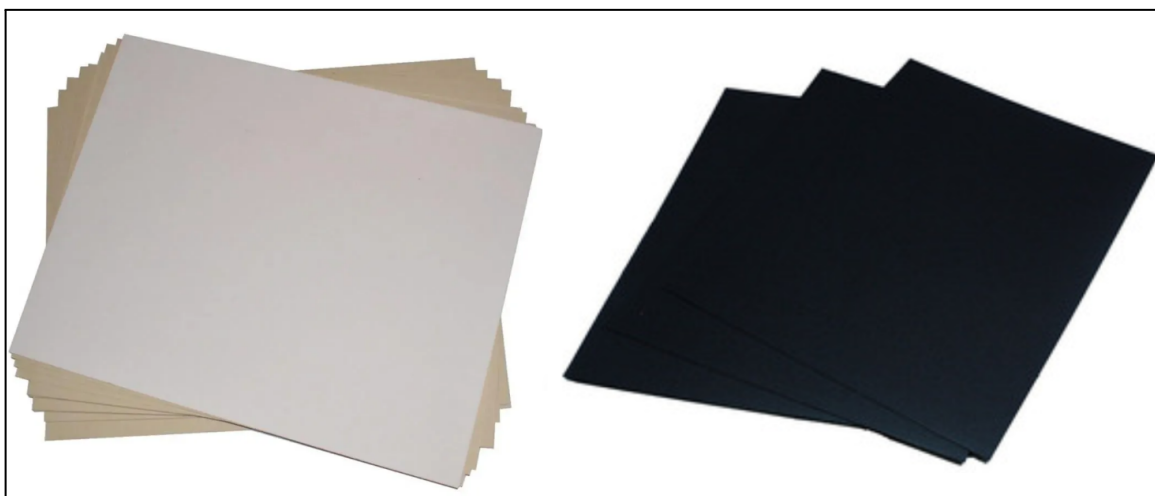


Fonte: Imagem Ilustrativa

A segunda iniciativa (A2) do conjunto é a substituição de cartões pretos por cartões brancos. Os cartões também são elementos que fazem parte do *packaging*, sendo eles usados para separar os milheiros de rótulos entre si. A diferença na cor entre os cartões se dá pelo fato de que os sensores utilizados na linha de produção (até o momento de realização do trabalho) são apenas capazes de identificar cartões da cor preta. Ou seja, o cartão branco serve para uma separação exclusivamente física entre os milheiros de rótulos, enquanto o cartão preto também serve como um separador identificável pelas máquinas da área de acabamento da fábrica.

O cartão branco apresenta um valor unitário menor do que o cartão preto, e dado o volume comprado de cartão preto, substituí-lo pelo branco representaria uma redução de custos importante para a Fábrica de Rótulos. Porém, para que a substituição seja viável, é preciso investir na reposição dos sensores atuais, por equipamentos mais modernos que consigam fazer a leitura de cartões de brancos de forma programada.

Figura 19 - Cartões brancos e pretos



Fonte: Imagem Ilustrativa

As alternativas três (A3) e quatro (A4) são referentes ao mesmo insumo: o solvente. O solvente é utilizado para diferentes finalidades na rotina operacional da Fábrica de Rótulos. São duas as principais aplicações do solvente na produção de rótulos, sendo a primeira delas a dissolução de tintas ao longo do processo de impressão, e a segunda é a utilização de solvente na manutenção de algumas máquinas e equipamentos da fábrica. Ao longo de horas de funcionamento de uma máquina impressora, as tintas utilizadas podem ficar com uma textura muito espessa para os padrões de produção, o que dificulta a passagem de tinta pelos poros do cilindro de rotogravura (como pode ser observado pela figura ilustrativa 20) e pode impossibilitar a impressão (entupimento dos poros do cilindro). Sendo assim, o uso de solvente ajuda no controle da textura da tinta, permitindo que a operação de impressão seja realizada por longos períodos de tempo, sem complicações. Sobre a manutenção de máquinas e equipamentos, o solvente é majoritariamente usado em atividades de limpeza e conservação dos ativos fabris.

Dadas essas informações, a terceira iniciativa (A3) foca na reutilização de solvente dentro das rotinas da Fábrica de Rótulos. A ideia é que o solvente utilizado em atividades de manutenção possa ser tratado, e então reutilizado em mais manutenções, aumentando o tempo de vida útil deste material. Com essa iniciativa, o volume de solvente comprado pela fábrica pode ser diminuído, reduzindo também os custos com a aquisição deste elemento. Já a quarta iniciativa (A4) considera uma substituição do fornecedor de solvente, a fim de gerar um ganho de escala ao comprar solvente mais barato para a fábrica, consequentemente também reduzindo os custos variáveis industriais.

Figura 20 - Exemplo de um cilindro de rotogravura



Fonte: Imagem Ilustrativa

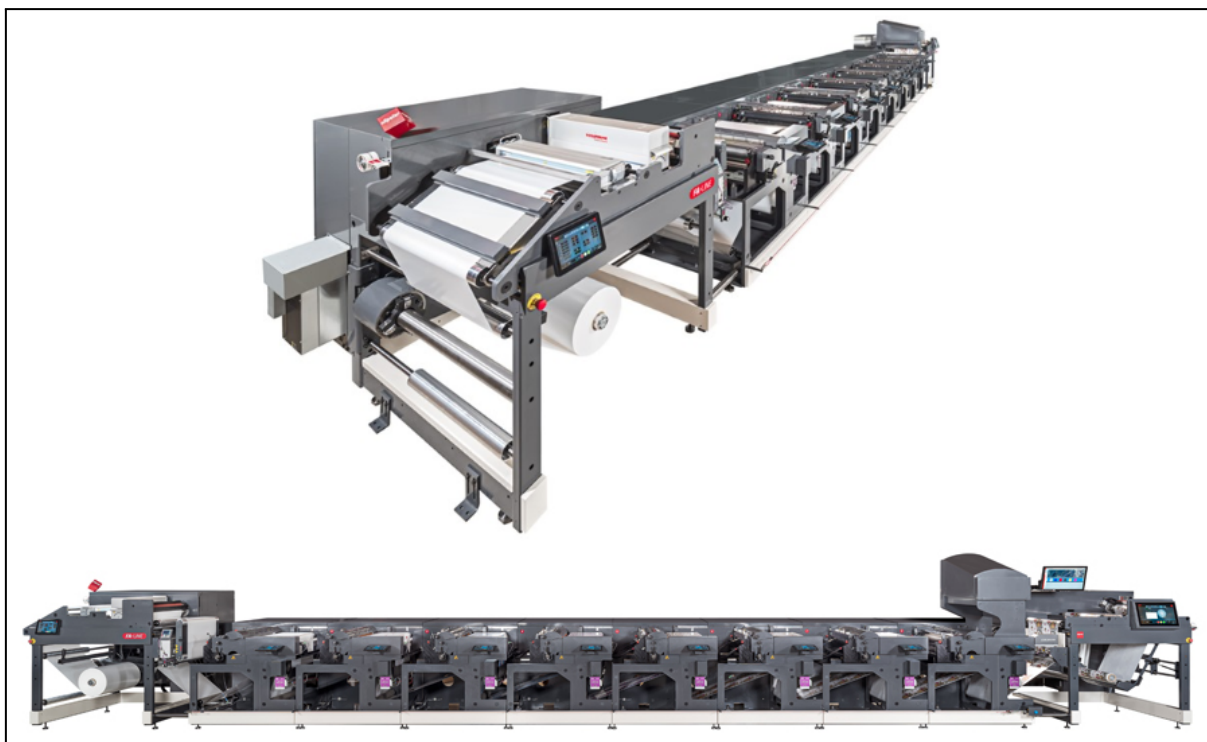
A quinta iniciativa (A5) trata do aumento de receitas da Fábrica de Rótulos, por meio de uma operação da criação de uma nova linha de produção, adotando um modelo de fabricação de rótulos denominado flexografia <sup>3</sup>. Ao instalar uma nova linha, com processo produtivo diferente do original já praticado na fábrica (rotogravura), é possível imprimir rótulos de outros produtos Ambev, de forma a aumentar a oferta para as cervejarias e tornar a Fábrica de Rótulos como um fornecedor ainda mais atrativo dentro do contexto da companhia. Além disso, a linha de flexografia também seria capaz de fabricar rótulos para clientes externos à companhia, isto é, clientes que não são unidades Ambev, mas que consomem rótulos para embalagens de seus produtos finais.

Para que a linha de flexografia possa ser instalada, são necessários investimentos em uma máquina especializada neste tipo de processo, bem como adequações de espaços da fábrica para comportar a máquina e a operação associada. A forma de compensar tais custos é a venda dos rótulos produzidos nesta nova linha, tanto para clientes internos (cervejarias) quanto para clientes externos (outras empresas).

<sup>3</sup> Flexografia é um processo de impressão gráfica, no qual a matriz, chamada de clichê, é feita em relevo, sendo um sistema similar ao de impressão com carimbo. Ou seja, tinta é depositada sobre a superfície em relevo da matriz, e então o clichê é pressionado contra o material onde será feita a impressão (substrato). Neste processo, são utilizadas tintas líquidas altamente secativas, podendo ser a base de água, de solvente ou curadas por luz UV.

Dessa forma, é fundamental que a liderança da Fábrica de Rótulos consiga analisar os custos associados à produção de novos rótulos, bem como o investimento inicial necessário para a implementação da linha produtiva, para que então seja possível definir o valor de venda necessário para que a iniciativa gere retornos financeiros e contribua para a rentabilidade da planta.

Figura 21 - Máquina impressora para processo em flexografia



Fonte: Imagem Ilustrativa

A sexta, e última, iniciativa (A6) é a referente à venda de papel metalizado para a gráfica Ambev localizada na Colômbia. Como foi comentado no início deste trabalho, existe interesse da fábrica de rótulos da Colômbia em adquirir papel do tipo metalizado do Brasil, dado que é mais vantajoso do que realizar o serviço de metalização do papel na própria Colômbia. Logo, a Fábrica de Rótulos brasileira consegue gerar uma fonte de receita ao pagar pelo serviço de metalização do papel em solo brasileiro, e depois vender e exportar o material para a Colômbia. Esta transação financeira parece simples, mas envolve diversos aspectos logísticos para garantir o abastecimento de papel do tipo metalizado para a gráfica da Colômbia. É necessário que a Fábrica de Rótulos consiga realizar essa operação a custos baixos, para que o valor de venda do papel seja atrativo para a fábrica colombiana, ao mesmo tempo em que seja gerada uma receita significativa para a fábrica brasileira.



Figura 22 - Bobinas de papel metalizado



Fonte: Imagem Ilustrativa

A seguir, tem-se uma tabela com um resumo das iniciativas levantadas para a aplicação do caso piloto, e a forma como elas foram tratadas no restante deste trabalho.

Quadro 4 - Resumo das iniciativas levantadas

<b>Código da iniciativa</b>	<b>Definição da iniciativa</b>	<b>Descrição da iniciativa</b>
A1	Substituição de tabuleiros	Substituição de tabuleiros por pedaços cortados de caixas de papelão retornadas
A2	Substituição de cartões	Substituição de cartões pretos por cartões brancos na separação dos milheiros de rótulos
A3	Reutilização de solvente	Tratamento e reutilização de solvente para manutenção de máquinas e equipamentos
A4	Substituição do fornecedor de solvente	Substituição de empresa da qual a Fábrica de Rótulos compra solvente
A5	Criação de nova linha produtiva	Criação de uma linha de produção no modelo de flexografia para fabricação de novos rótulos
A6	Venda de papel metalizado	Venda de papel (após o serviço de metalização) para a gráfica da Ambev localizada na Colômbia.

Fonte: Elaboração própria



## 4.2. Definição dos critérios utilizados no caso

Para a aplicação deste caso piloto, foram escolhidos quatro critérios para a avaliação das alternativas levantadas. O motivo de terem sido escolhidos quatro critérios foi garantir a simplicidade na realização do caso e no uso do método multicritério (ELECTRE III). Tais critérios foram pensados em parceria com os gerentes da Fábrica de Rótulos, responsáveis por projetos de iniciativas, os quais ao longo de conversas e discussões validaram as escolhas feitas. A ideia é que os critérios não causem dificuldades e complicações para a liderança da Fábrica de Rótulos no entendimento do funcionamento das ferramentas abordadas neste trabalho. Os quatro critérios foram pensados de forma a serem aplicáveis para todas as iniciativas, a fim de não serem gerados vieses na avaliação, por conta de possíveis incompatibilidades entre os critérios e as alternativas.

O primeiro critério escolhido (G1) é voltado para analisar a estimativa de retorno mensal de uma dada iniciativa (sem considerar investimentos necessários para implementação), ou seja, qual é o potencial de ganhos financeiros da alternativa em um período de um mês, seja por meio de uma redução nos custos ou pela geração de receita, e já desconsiderando eventuais custos mensais que uma alternativa possa apresentar. O segundo critério (G2) foca no tempo para implementação total da iniciativa, dado que podem ser necessários investimentos, ajustes da linha produtiva, entre outras mudanças, para que a iniciativa possa ser executada em sua plena capacidade. O terceiro critério (G3) avalia o tempo necessário para que haja retorno sobre o investimento de uma alternativa, isto é, quanto tempo leva para que a iniciativa de fato comece a gerar ganhos financeiros para a Fábrica de Rótulos, após a sua implementação total. Por fim, o último critério (G4) refere-se ao alinhamento que uma iniciativa possui com a estratégia de negócios da Fábrica de Rótulos, bem como com a estratégia da companhia Ambev.

A seguir, há uma tabela com os critérios escolhidos para a aplicação do caso piloto.

Quadro 5 - Resumo dos critérios escolhidos

<b>Código do critério</b>	<b>Definição do critério</b>
G1	Estimativa de retorno mensal
G2	Tempo para implementação total
G3	Tempo para se ter retorno sobre investimento
G4	Alinhamento com a estratégia

Fonte: Elaboração própria

É importante ressaltar que o conjunto de critérios a ser escolhido em um processo de tomada de decisão cabe aos tomadores de decisão, de acordo com o contexto do problema e do conjunto de iniciativas que serão analisadas. Os critérios apresentados aqui são relacionados ao problema deste trabalho, podendo ou não ser utilizados em análises de outros problemas. Os tomadores de decisão são livres para adotarem os critérios que forem mais convenientes para seus processos, definindo os respectivos parâmetros e escalas de notas para cada novo critério.

#### 4.2.1. Definição das escalas de avaliação

Com o intuito de garantir que todos os critérios possuam escalas numéricas, o que é uma exigência estabelecida pelo *software* J-ELECTRE, optou-se por dividir as escalas de avaliação de cada critério em cinco possíveis notas inteiras: começando no valor 1 e indo até o valor 5; sendo que o desempenho das iniciativas nos critérios varia de forma crescente com a escala definida. Isto é, notas de valor baixo (como a nota 1, por exemplo) representam baixo desempenho da alternativa no critério, enquanto notas maiores (como a nota 5) caracterizam alto desempenho da alternativa no critério.

Para cada critério, uma dada nota apresenta um significado próprio, a depender da interpretação do critério em si. Ademais, a escolha por escalas com notas que variam de 1 a 5 para os critérios também foi feita visando a padronização das avaliações, de forma a simplificar a estipulação dos limiares (próprios do método ELECTRE III), possibilitando que sejam usados os mesmos valores desses parâmetros para todos os critérios, como está evidenciado na próxima seção.

Quadro 6 - Escalas das notas de avaliação para cada critério

<b>Código do critério</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>
<b>Definição do critério</b>	Estimativa de retorno mensal	Tempo para implementação total	Tempo para se ter retorno sobre investimento	Alinhamento com a estratégia
Nota 1	Até R\$ 10.000	Acima de 12 meses	Acima de 12 meses	Neutro em relação à estratégia
Nota 2	De R\$ 10.001 até R\$ 30.000	10 a 12 meses	10 a 12 meses	Muito pouco alinhado à estratégia
Nota 3	De R\$ 30.001 até R\$ 50.000	7 a 9 meses	7 a 9 meses	Pouco alinhado à estratégia

Nota 4	De R\$ 50.001 até R\$ 80.000	4 a 6 meses	4 a 6 meses	Muito alinhado à estratégia
Nota 5	Acima de R\$ 80.000	1 a 3 meses	1 a 3 meses	Extremamente alinhado à estratégia

Fonte: Elaboração própria

Sobre o critério G1, busca-se avaliar o quanto cada iniciativa consegue aprimorar a rentabilidade da Fábrica de Rótulos em um mês de operação, sendo a escala de avaliação dividida da seguinte forma: nota 1 para alternativas que gerem ganhos até R\$ 10.000; nota 2 para alternativas que gerem entre R\$ 10.001 até R\$ 30.000 de ganhos; nota 3 para alternativas que gerem entre R\$ 30.001 até R\$ 50.000 de ganhos; nota 4 para alternativas que aumentem a rentabilidade entre R\$ 50.001 até R\$ 80.000; e nota 5 para alternativas que consigam gerar ganhos acima de R\$ 80.000.

Para os critérios G2 e G3, que avaliam os períodos de tempo necessários para atingir a implementação total da iniciativa e para se obter retorno sobre investimento, respectivamente, a divisão da escala de notas é similar em ambos os casos: nota 1 para períodos de tempo maiores do que 12 meses; nota 2 para períodos entre 10 e 12 meses; nota 3 para intervalos de tempo entre 7 e 9 meses; nota 4 para períodos de 4 a 6 meses de duração; e nota 5 para períodos de tempo de 1 a 3 meses.

Em relação ao critério G4, como o foco é o alinhamento das iniciativas com a estratégia da Fábrica de Rótulos e da companhia Ambev, para que fosse possível estabelecer uma escala de notas com cinco níveis, foram adotadas duas abordagens de avaliação. A primeira abordagem é relacionada ao potencial de aprimoramento da rentabilidade de uma iniciativa, que, como foi citado anteriormente, é uma das principais diretrizes estratégicas da Ambev. Já a segunda abordagem é referente ao aspecto de inovação da iniciativa, ou seja, o quanto ela tem potencial de transformar o negócio da planta e da companhia, por meio da implementação de novos processos e operações.

Sendo assim, obteve-se a seguinte escala de avaliação para o critério G4: nota 1 para alternativas neutras em relação à estratégia, as quais não geram ganhos financeiros para a companhia; nota 2 para aquelas iniciativas muito pouco alinhadas à estratégia, que geram poucos ganhos financeiros, por meio de poucas aplicações de inovação; nota 3 para as alternativas pouco alinhadas à estratégia, que geram poucos ganhos financeiros, mas com um grau de inovação significativo; nota 4 para iniciativas muito alinhadas à estratégia, que geram altos ganhos financeiros, mesmo que com poucas aplicações de inovação; e nota 5 para

iniciativas extremamente alinhadas à estratégia, que geram altos ganhos financeiros para a companhia, graças a relevantes aplicações de inovação.

#### 4.2.2. Definição de parâmetros para cada critério

Em relação aos parâmetros associados aos critérios do processo de tomada de decisão, o método multicritério ELECTRE III estabelece os limites de indiferença, preferência e veto, bem como o peso (importância dos critérios), como já foi citado anteriormente. Para a aplicação do método, o *software* J-ELECTRE também necessita que tais parâmetros sejam definidos pelo usuário (tomador de decisão), a fim de que os resultados das análises possam ser gerados. Dessa forma, os critérios e suas escalas de notas foram examinados, para que fosse possível definir os valores dos parâmetros de forma clara e compreensível.

É fundamental ressaltar que a definição dos parâmetros foi feita em conjunto com os membros da liderança da Fábrica de Rótulos, com a intenção de assegurar que os valores fossem coerentes com a situação e com as iniciativas propostas, bem como garantir o posterior entendimento tanto dos parâmetros, quanto dos resultados gerados a partir deles e das avaliações feitas. Essa participação dos gestores se deu por meio de conversas entre o autor deste trabalho e os gerentes da fábrica (líderes dos projetos de cada iniciativa), contando com explicações sobre o método multicritério ELECTRE III, inclusive sobre seus parâmetros, de modo que fosse possível discutir sobre a questão e chegar a um consenso sobre os valores de cada parâmetro. A seguir está o racional que foi explicado para os gerentes, como uma maneira de situá-los sobre a execução do método e suas particularidades.

No caso dos limites de indiferença (Q), preferência (P) e veto (V), é preciso verificá-los considerando a repercussão que eles apresentam para a compreensão do problema e do processo de comparação entre as alternativas. Basicamente, ao comparar duas alternativas, busca-se observar a diferença entre as notas que cada alternativa possui em um dado critério  $G_j$ . O valor dessa diferença deve ser então averiguado de acordo com os valores dos parâmetros limitantes, a fim de traduzir a possível relação entre o par de alternativas. Ou seja, existem quatro possíveis cenários para a análise de comparação entre iniciativas.

Primeiramente, se a diferença entre as notas de duas iniciativas for menor do que o limite de indiferença (Q), pode-se interpretar isso com uma indiferença entre ambas, pois isso significa que as notas das alternativas são valores próximos. O segundo cenário é aquele em que, caso a diferença entre as notas de duas iniciativas seja maior do que o limite de indiferença (Q), mas menor do que o limite de preferência (P), observa-se a preferência fraca

da primeira alternativa sobre a segunda, pois a diferença entre as notas não é grande o suficiente para afirmar uma preferência forte. Já o terceiro cenário considera que, se a diferença entre as notas de duas iniciativas for maior do que o limite de preferência (P), e menor do que o limite de veto (V), a relação entre as alternativas é de preferência forte da primeira sobre a segunda. Por fim, o último cenário indica que, caso a diferença entre as notas de duas iniciativas for maior do que o limite de veto (V), a relação entre o par pode ser traduzida como de incomparabilidade, pois a diferença é tão grande que inviabiliza uma comparação justa e apropriada.

Sendo assim, em razão do fato de que as escalas de avaliação foram definidas por notas que variam de 1 a 5, e após as conversas e discussões com os gerentes da Fábrica de Rótulos, foram adotados os seguintes valores de limites para todos os critérios do caso piloto. Valor 1 para o limite de indiferença (Q), 2 para o limite de preferência (P) e 4 para o limite de veto (V). A justificativa para essas escolhas é que alternativas que tiverem notas com diferença menor ou igual a 1 podem ser consideradas indiferentes entre si; já iniciativas com diferença entre as notas igual a 2 são caracterizadas pela relação de preferência fraca; alternativas com diferença de notas igual a 3 representam uma preferência forte; enquanto alternativas com diferença igual a 4 são incomparáveis, devido ao alto valor da diferença de notas. Os gerentes da fábrica se mostraram satisfeitos com os valores definidos, por conta da coerência que as justificativas apresentaram dentro do contexto do problema analisado.

Uma forma de visualizar tais afirmações é pela figura a seguir, que contém as definições matemáticas das relações, nas quais  $g_j(a)$  representa a nota de uma alternativa em um dado critério.

Figura 23 - Equações matemáticas para as relações entre alternativas

$$\begin{aligned}
 a \text{ I } b &\Leftrightarrow g_j(a) - g_j(b) \leq q(g_j) \\
 a \text{ Q } b &\Leftrightarrow q(g_j) < g_j(a) - g_j(b) \leq p(g_j) \\
 a \text{ P } b &\Leftrightarrow p(g_j) < g_j(a) - g_j(b) < v(g_j) \\
 a \text{ R } b &\Leftrightarrow g_j(a) - g_j(b) \geq v(g_j)
 \end{aligned}$$

Fonte: Adaptado de Gross (2010, p. 182)

Ademais, em relação aos pesos dos critérios (W), este parâmetro varia muito com a importância que os critérios possuem dentro do contexto de avaliação do problema. Como o principal interesse para a Fábrica de Rótulos, no momento de realização deste trabalho, é aprimorar a rentabilidade da planta, gerando ganhos financeiros, entende-se que o critério focado em medir a estimativa de retorno de uma iniciativa é o mais importante de todo o conjunto, devendo receber o maior peso. Já os critérios de tempo para implementação total e tempo para se ter retorno sobre o investimento estão mais ligados à viabilidade das alternativas, do que ao impacto que elas podem gerar para o negócio da fábrica. Por conta disso, ambos os critérios dispõem de importâncias equivalentes, mas menores do que o critério de estimativa de retorno. O critério de alinhamento com a estratégia é aquele analisa a coerência que a iniciativa possui com o negócio da fábrica e da companhia, mas esse aspecto acaba sendo menos relevante do que os demais critérios para esse caso de processo de tomada de decisão, o que o leva a ter o menor peso do conjunto.

Dessa maneira, é possível estabelecer de forma simplificada e objetiva que os valores dos pesos de cada critério são os seguintes: estimativa de retorno (G1) tem peso 3; tempo para implementação total (G2) e tempo para se ter retorno sobre investimento (G3) têm peso 2; e alinhamento com a estratégia (G4) tem peso 1. Todos os critérios do conjunto apresentam seu grau de relevância e importância para o problema de aprimoramento de rentabilidade da Fábrica de Rótulos, o que justifica o fato de que a variação entre os valores dos pesos não seja maior do que a que foi estabelecida.

Tabela 1 - Resumo dos parâmetros de cada critério

<b>Código do critério</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>
<b>Definição do critério</b>	Estimativa de retorno mensal	Tempo para implementação total	Tempo para se ter retorno sobre investimento	Alinhamento com a estratégia
Limite de preferência fraca (Q)	1	1	1	1
Limite de preferência forte (P)	2	2	2	2
Limite de preferência veto (V)	4	4	4	4
Peso/importância (W)	3	2	2	1

Fonte: Elaboração própria

### 4.3. Atribuição de notas para as alternativas

Dadas as definições anteriores sobre os critérios escolhidos, bem como as escalas adotadas, torna-se viável atribuir as notas para cada uma das alternativas levantadas, de modo a ser possível utilizar o *software* J-ELECTRE para a execução do método multicritério ELECTRE III, e assim gerar resultados que permitam uma análise relevante para o processo de tomada de decisão. No momento de atribuição das notas, a participação da liderança da Fábrica de Rótulos foi essencial, em especial dos gerentes responsáveis pelos projetos das iniciativas, em razão do fato de que os gerentes possuíam informações indispensáveis para as avaliações das alternativas.

Em certas avaliações de alternativas, os valores apresentados são estimativas aproximadas, obtidas em conversas com os gerentes da fábrica, uma vez que algumas informações não encontravam-se disponíveis em arquivos da própria fábrica. Além disso, a conversa e discussão com os gestores para definição das notas mostrou-se produtiva e necessária, pois isso permitiu o acesso a informações previamente verificadas por eles, e evitou uma possível violação de confidencialidade de certos dados sensíveis. Na explicação sobre as notas de cada iniciativa em cada critério, encontram-se inclusive justificativas oriundas dos diálogos realizados com os gerentes.

Na tabela 2, apresentada a seguir, encontra-se os valores das notas de cada alternativa para cada um dos quatro critérios, sendo que a justificativa de cada uma dessas avaliações foi evidenciada nos tópicos subsequentes.

Tabela 2 - Matriz de avaliação das iniciativas

	<b>Código do critério</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G4</b>
<b>Código da iniciativa</b>	<b>Definição do critério / Definição da iniciativa</b>	Estimativa de retorno mensal	Tempo para implementação total	Tempo para se ter retorno sobre investimento	Alinhamento com a estratégia
A1	Substituição de tabuleiros	2	2	4	3
A2	Substituição de cartões	1	4	3	2
A3	Reutilização de solvente	1	3	1	3

A4	Substituição do fornecedor de solvente	3	5	5	4
A5	Criação de nova linha produtiva	5	1	1	5
A6	Venda de papel metalizado	4	4	5	4

Fonte: Elaboração própria

#### 4.3.1. Critério G1: Estimativa de retorno mensal

A alternativa A1 recebeu nota 2 no critério G1, pois a estimativa de retorno mensal gerado pela substituição de tabuleiros é da ordem de R\$12.000,00 (entre R\$10.001 até R\$30.000). Isso se deve pelo fato de que o custo de aquisição de cada unidade de tabuleiro é próximo de R\$0,50, a quantidade de tabuleiros possíveis de serem substituídos pelas caixas de papelão retornadas é de 30.000 unidades, e o custo relativo à logística reversa das caixas é de aproximadamente R\$3.000 por mês. Logo, tem-se R\$15.000 de economia de custo com elementos de *packaging* e R\$3.000 de custo adicional para viabilização da iniciativa, o que resulta em R\$12.000,00 de ganho.

A alternativa A2 recebeu nota 1 no critério G1, visto que o possível retorno mensal da substituição de cartões é de apenas R\$10.000,00. A diferença entre os custos de aquisição do cartão branco e do cartão preto é de R\$0,10 por unidade (o cartão preto sendo mais caro), e o volume de cartões pretos a ser substituído é de aproximadamente 100.000 unidades. O que resulta em uma economia de custo equivalente a R\$10.000,00.

A alternativa A3 também recebeu nota 1 no critério G1, uma vez que o ganho financeiro, obtido em um mês, com a reutilização de solvente é estimado em somente R\$5.000,00. Segundo o gerente de engenharia da Fábrica de Rótulos, responsável pelo projeto desta iniciativa, a criação de uma operação capaz de tratar o solvente e reaplicá-lo em outras atividades de manutenção geraria uma economia de custo de R\$5.000,00, devido ao fato de que uma certa quantidade de material deixaria de ser comprada de um fornecedor externo.

A alternativa A4 recebeu nota 3 no critério G1, porque a substituição do fornecedor de solvente da fábrica pode gerar um retorno mensal de R\$32.500,00. A diferença entre o preço do solvente do fornecedor atual e o preço do solvente cotado com outro fornecedor (mais barato) é de aproximadamente R\$5,00 por kg do material. Dada uma quantidade média de solvente consumido por mês na fábrica de 6,5 toneladas (considerando atividades de manutenção de máquinas e equipamentos, bem como dissolução de tintas na operação de



impressão), obtém-se uma economia de custo próxima de R\$32.500,00.

A alternativa A5 recebeu nota 5 no critério G1, pois a criação de uma nova linha produtiva no modelo de flexografia possui expectativa de arrecadar mais de R\$80.000,00 de receita para a Fábrica de Rótulos em um mês de produção. De acordo com o *business case* elaborado pela liderança da Fábrica de Rótulos, a fabricação de novos rótulos dentro da planta apresenta grande potencial, devido tanto ao aumento no abastecimento de cervejarias Ambev, quanto no fornecimento de rótulos para clientes externos à companhia. Mesmo que sejam considerados os custos variáveis mensais de produção (matéria prima, mão de obra, energia, entre outros), o preço de venda ainda é capaz de compensá-los e formar uma significativa fonte de receita.

A alternativa A6 recebeu nota 4 no critério G1, graças à estimativa de retorno mensal da venda de papel metalizado para a gráfica da Ambev na Colômbia ser aproximadamente R\$60.000,00. Segundo a gerente de logística da Fábrica de Rótulos, responsável pelas transações feitas com a Colômbia, a venda de papel constitui uma iniciativa com grande potencial de geração de receita, dado o valor de R\$60.000,00, já descontados os custos logísticos associados ao transporte (exportação) do material.

#### 4.3.2. Critério G2: Tempo para implementação total

A alternativa A1 recebeu nota 2 no critério G2, uma vez que a substituição de tabuleiros deve levar por volta de 11 meses para ser totalmente implementada. Seriam necessários 4 meses para validar a operação de logística reversa das caixas de papelão de uma cervejaria de volta para a Fábrica de Rótulos (juntamente com o tratamento dessas caixas, para não apresentarem contaminações por rejeitos de outros materiais descartados). Mais 4 meses para a validação da operação de corte das caixas dentro da fábrica (definir como será feito o processo, em quais máquinas, entre outros fatores). E por fim, 3 meses para adaptar o processo produtivo para adequar a nova operação, considerando a programação de produção de rótulos, a disponibilização de tempo de máquinas para o corte das caixas, e alocação de mão de obra.

Já a alternativa A2 recebeu nota 4 no critério G2, pois levaria 6 meses para uma implementação total da iniciativa de substituição de cartões. Deste total, 3 meses seriam destinados para a definição de quais sensores são adequados para substituir os sensores atualmente presentes nas máquinas da área de acabamento, e subsequentemente a compra destes equipamentos. E os outros 3 meses seriam para a instalação dos novos sensores nas

linhas de produção, considerando que não haverá alteração no processo produtivo e nas operações realizadas pelos funcionários da fábrica.

A alternativa A3 recebeu nota 3 no critério G2, porque a implementação de uma operação capaz de tratar solvente para a reutilização do material deve durar aproximadamente 8 meses ao todo. De acordo com o gerente de engenharia da fábrica, seriam 4 meses para validar o processo de tratamento do solvente usado, e mais 4 meses para instaurar a operação em si, focada no processo de tratamento necessário.

A alternativa A4 recebeu nota 5 no critério G2, visto que a substituição do fornecedor de solvente pode levar entre 2 e 3 meses para ser concluída. Basicamente, este tempo é necessário para a realização de acordos comerciais, sendo a finalização do contrato com o fornecedor atual e a criação de um contrato com o novo fornecedor.

Já a alternativa A5 recebeu nota 1 no critério G2, pois a implementação de uma nova linha produtiva pode levar até 20 meses para ser finalizada. A validação da proposta de valor (construir um *business case* coerente e assertivo) leva por volta de 12 meses, incluindo aprovação de diretores corporativos da companhia. Seriam precisos mais 5 meses para a preparação de uma nova área produtiva (definição do layout fabril), capaz de receber a nova operação e a nova linha produtiva (máquinas e equipamentos). Por fim, mais 3 meses para a instalação das máquinas e equipamentos propriamente ditos, bem como a contratação de mão de obra qualificada para a executar a operação.

A alternativa A6 recebeu nota 4 no critério G2, pois são necessários 4 meses para a consolidação total da venda de papel metalizado. Deste total, 3 meses seriam para a análise da viabilidade logística da exportação do papel de São Paulo para a Colômbia, e mais 1 mês para oficializar o acordo comercial entre as duas unidades da Ambev (mesmo sendo unidades de países diferentes, o fato de fazerem parte da mesma companhia facilita os trâmites burocráticos).

#### 4.3.3. Critério G3: Tempo para se ter retorno sobre investimento

A alternativa A1 recebeu nota 4 no critério G3, já que o tempo para a substituição de tabuleiros gerar retorno sobre seu investimento seria de 4 meses. Este período de tempo é justificado pela necessidade de investir na adequação em uma das linhas da área de acabamento da Fábrica de Rótulos, ou seja, preparar máquinas atuais para cortar caixas, ao invés de comprar máquinas novas (o que seria um investimento ainda maior). Logo, após 4 meses gerando ganhos financeiros para a fábrica, seria possível compensar todo o

investimento inicial da iniciativa.

A alternativa A2 recebeu nota 3 no critério G3, porque seriam precisos 7 meses para se obter um retorno sobre o investimento da iniciativa de substituição de cartões. Estima-se um investimento inicial de R\$45.000,00 para a compra dos novos sensores (3 equipamentos, um para cada linha de acabamento da fábrica), além de um custo de instalação calculado em R\$16.000,00. Logo, com um retorno mensal de R\$10.000,00, após aproximadamente 7 meses seria possível compensar o investimento de R\$61.000,00.

A alternativa A3 recebeu nota 1 no critério G3, pois a reutilização de solvente precisaria de 15 meses de retorno para compensar o seu investimento inicial. Também de acordo com o gerente de engenharia, a compra de máquinas, equipamentos e a consequente instalação dos mesmo necessitaria de altos valores de investimento. E dado a baixa rentabilidade da iniciativa, levariam 15 meses para haver compensação financeira.

A alternativa A4 recebeu nota 5 no critério G3, devido ao fato de que a substituição do fornecedor de solvente levaria apenas 3 meses para gerar retorno sobre o seu investimento. Por conta da necessidade de encerrar um contrato de fornecimento com o atual fornecedor do material, seria preciso pagar por uma multa contratual, e dado o valor desta multa, a compensação financeira deve acontecer 3 meses após a troca dos fornecedores.

Já a alternativa A5 recebeu nota 1 no critério G3, pois a criação da nova linha de produção requer por volta de 22 meses para cobrir os investimentos iniciais. São diversas informações envolvidas para estimar esse valor de 22 meses, as quais nem todas estavam disponíveis para evidenciar neste trabalho. Entretanto, em linhas gerais, é possível considerar os altos investimentos necessários para compra de uma nova máquina (impressora de flexografia) e adequação de uma área da fábrica para receber a operação.

A alternativa A6 recebeu nota 5 no critério G3, pois entende-se que não são necessários investimentos para a realização da venda de papel metalizado. Todos os gastos associados a esta operação são custos mensais, que variam com a quantidade de papel exportada para a Colômbia. Dado que não há investimento inicial, todo o retorno gerado pelo processo já consiste em um ganho financeiro direto para a Fábrica de Rótulos.

#### 4.3.4. Critério G4: Alinhamento com a estratégia

A alternativa A1 recebeu nota 3 no critério G4, porque a substituição de tabuleiros pode ser considerada como pouco alinhada à estratégia da Fábrica de Rótulos. É uma iniciativa que gera poucos ganhos financeiros, mas com uma alta aplicação de inovação em

seu processo. A alternativa A2 recebeu nota 2 no critério G4, pois a substituição de cartões é uma iniciativa muito pouco alinhada à estratégia. É uma alternativa que gera poucos ganhos financeiros, e com pouca aplicação de inovação.

A alternativa A3 recebeu nota 3 no critério G4, visto que há pouco alinhamento entre a iniciativa de reutilização de solvente e a estratégia da companhia. Esta alternativa gera pouco retorno, mas apresenta uma alta aplicação de inovação em sua execução. Já a alternativa A4 recebeu nota 4 no critério G4, devido ao fato de que a substituição do fornecedor de solvente pode ser considerada como muito alinhada à estratégia. Há geração de altos ganhos financeiros com esta iniciativa, mesmo que seja aplicada pouca inovação.

A alternativa A5 recebeu nota 5 no critério G4, pois a criação de uma linha de flexografia está extremamente alinhada com a estratégia da Fábrica de Rótulos. É uma iniciativa que gera altos ganhos financeiros para a planta, e considera uma alta aplicação de inovação em todo seu processo e execução. Por fim, a alternativa A6 recebeu nota 4 no critério G4, já que a venda de papel também está muito alinhada à estratégia da companhia. É uma alternativa com potencial de gerar altos ganhos, mesmo que com pouca aplicação de inovação.

## 5. RESULTADOS E ANÁLISES

Graças ao auxílio e colaboração da liderança da Fábrica de Rótulos na definição das iniciativas, dos critérios, dos parâmetros necessários, e das notas de avaliação citados anteriormente, todos os elementos exigidos pelos *software* J-ELECTRE encontram-se disponíveis e prontos para serem inseridos no arquivo executável. A figura 24 mostra os limites de preferência fraca (Q), preferência forte (P) e veto (V), bem como o peso (W) de cada critério, e as notas de cada alternativa, seguindo as nomenclaturas de alternativas e critérios apresentadas na seção anterior.

Figura 24 - Dados inseridos no *software* J-ELECTRE

J-ELECTRE-v3.0 - github.com/Valdecy

☐ Electre I    d: 0    c: 0  
☐ Electre I\_s    L: 0,5    Cycles: 30  
☐ Electre I\_v    d: 0    c: 0  
☐ Electre II    c-: 0,5    c: 0,5    c+: 0,5    Cycles: 30  
                   d-: 0    d+: 0  
☒ Electre III  
☐ Electre IV  
☐ Electre TRI    Classes: 2    Lam...: 0,5  
☐ Electre TRI ...    Classes: 2    Evaluat...: 2    Lam...: 0,5

Actions: 6    Criteria: 4    Ma...    Solve    Gr...    Save

Matrix	g1	g2	g3	g4
Q	1	1	1	1
P	2	2	2	2
V	4	4	4	4
W	3	2	2	1
a1	2	2	4	3
a2	1	4	3	2
a3	1	3	1	3
a4	3	5	5	4
a5	5	1	1	5
a6	4	4	5	4

Fonte: *Software* J-ELECTRE-v3.0

A partir disso, é possível selecionar o botão “*Solve*” do *software*, para se obter os resultados desejados. Após a obtenção de tais resultados, foram analisadas as matrizes geradas e o ranqueamento, que é o conjunto de informações mais importante para a aplicação do caso piloto. É o ranqueamento que permite entender a ordem de priorização das iniciativas, no momento de elaborar um plano de ação. Ademais, focou-se na matriz de dominância, dado que ela contém os relacionamentos entre as alternativas, e a sua interpretação foi feita com auxílio da planilha Excel desenvolvida. Por fim, tem-se a análise dos resultados gráficos do *software*, que devem confirmar as avaliações feitas sobre o ranqueamento e as matrizes.

### 5.1. Análise dos resultados matriciais

A seguir estão presentes todas as matrizes geradas pelo J-ELECTRE, com o intuito de evidenciar a totalidade de informações geradas pelo *software*. Entretanto, como a intenção é realizar uma análise objetiva e de relevância para a liderança da Fábrica de Rótulos, o foco principal foi dado para o *ranking*. No caso, foram estudados todos os três *rankings* apresentados, o de ordenação ascendente, o de ordenação descendente e o *ranking* médio.

Figura 25 - Resultados matriciais do caso piloto

## ELECTRE III ##						
Concordance Matrix:	a1	a2	a3	a4	a5	a6
a1	-	0.75	1.0	0.75	0.5	0.375
a2	1.0	-	1.0	0.25	0.5	0.25
a3	0.75	0.75	-	0.125	0.5	0.375
a4	1.0	1.0	1.0	-	0.625	1.0
a5	0.75	0.5	0.75	0.5	-	0.5
a6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-

Discordance Matrix (g1):	a1	a2	a3	a4	a5	a6
a1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
a2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5
a3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5
a4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
a6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Discordance Matrix (g3):	<b>a1</b>	<b>a2</b>	<b>a3</b>	<b>a4</b>	<b>a5</b>	<b>a6</b>
<b>a1</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>a2</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>a3</b>	0.5	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0
<b>a4</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>a5</b>	0.5	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0
<b>a6</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Discordance Matrix (g4):	<b>a1</b>	<b>a2</b>	<b>a3</b>	<b>a4</b>	<b>a5</b>	<b>a6</b>
<b>a1</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>a2</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
<b>a3</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>a4</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>a5</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>a6</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Credibility Matrix:	<b>a1</b>	<b>a2</b>	<b>a3</b>	<b>a4</b>	<b>a5</b>	<b>a6</b>
<b>a1</b>	-	0.75	1.0	0.75	0.5	0.375
<b>a2</b>	1.0	-	1.0	0.25	0.0	0.1667
<b>a3</b>	0.75	0.75	-	0.0	0.0	0.0
<b>a4</b>	1.0	1.0	1.0	-	0.625	1.0
<b>a5</b>	0.75	0.5	0.75	0.0	-	0.0
<b>a6</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-

Ranking:	<b>Ascend.</b>	<b>Descend.</b>	<b>Average</b>
<b>a1</b>	4.0	4.0	4.0
<b>a2</b>	3.0	3.0	3.0
<b>a3</b>	5.0	6.0	5.5
<b>a4</b>	1.0	2.0	1.5
<b>a5</b>	2.0	5.0	3.5
<b>a6</b>	1.0	1.0	1.0

Dominance Matrix:	<b>a1</b>	<b>a2</b>	<b>a3</b>	<b>a4</b>	<b>a5</b>	<b>a6</b>
<b>a1</b>	-	P-	P+	P-	R	P-
<b>a2</b>	P+	-	P+	P-	R	P-
<b>a3</b>	P-	P-	-	P-	P-	P-
<b>a4</b>	P+	P+	P+	-	P+	P-
<b>a5</b>	R	R	P+	P-	-	P-
<b>a6</b>	P+	P+	P+	P+	P+	-

Como esperado, foram geradas a matriz de concordância, preenchida com os valores calculados para o índice de concordância entre cada par de alternativas; as matrizes de discordância, sendo uma para cada um dos quatro critérios selecionados; a matriz de credibilidade, preenchida com os graus de credibilidade (obtidos a partir dos índices de concordância e discordância) entre os pares de alternativas; o ranqueamento das alternativas; e a matriz de dominância, que traz as relações entre os pares de iniciativas.

Sobre o ranqueamento de ordenação ascendente, como ele seleciona primeiro a pior iniciativa do conjunto, é possível observar que a alternativa A3 (Reutilização de solvente) é a pior do conjunto, seguida pela alternativa A1 (Substituição de tabuleiros) em quarto lugar do ranqueamento. Em terceiro lugar tem-se a iniciativa A2 (Substituição de cartões), enquanto em segundo lugar está a alternativa A5 (Criação de nova linha produtiva). Por fim, em primeiro lugar no ranqueamento, como melhores alternativas desta ordenação, estão empatadas as alternativas A4 (Substituição do fornecedor de solvente) e A6 (Venda de papel metalizado).

Já em relação à ordenação descendente, que seleciona primeiro a melhor alternativa do conjunto, verifica-se que a iniciativa A6 (Venda de papel metalizado) é a melhor. Em segundo lugar está a alternativa A4 (Substituição do fornecedor de solvente), seguida pela A2 (Substituição de cartões) em terceiro lugar. Em quarto lugar está a iniciativa A1 (Substituição de tabuleiros). Em quinto lugar observa-se a iniciativa A5 (Criação de nova linha produtiva), enquanto a alternativa A3 (Reutilização de solvente) encontra-se em último lugar, como a pior do conjunto.

Considerando os resultados de ambas as ordenações, é possível examinar o ranqueamento pelos valores médios, o qual gera a seguinte priorização final: a melhor alternativa do conjunto é A6 (Venda de papel metalizado), seguida pela iniciativa A4 (Substituição do fornecedor de solvente); em terceiro lugar está a alternativa A2 (Substituição de cartões), e em quarto lugar, a iniciativa A5 (Criação de nova linha produtiva); enquanto que as duas piores alternativas do conjunto são as alternativas A1 (Substituição de tabuleiros) em quinto lugar, e A3 (Reutilização de solvente) em último lugar.

A análise do ranqueamento final traz algumas conclusões interessantes para os gerentes da Fábrica de Rótulos. As alternativas que se encontram nas primeiras posições do *ranking* (primeiro e segundo lugar) são iniciativas com projetos que requerem poucas transformações na forma como a fábrica opera. Realizar a venda de papel para a gráfica da Colômbia e substituir o fornecedor de solvente são ações que geram poucas (ou praticamente nenhuma) alterações na produção de rótulos, e exigem pouco esforço da liderança da Fábrica



de Rótulos para executar tais atividades. Além disso, são alternativas com altos ganhos financeiros para a fábrica, como foi evidenciado na avaliação anterior.

As alternativas que ficaram em terceiro e quarto lugar são iniciativas que também possuem alto potencial de rentabilidade, mas que demandam maiores esforços e adaptações no processo produtivo da fábrica. Substituir os cartões pretos por brancos requer a compra e instalação de novos sensores, o que leva tempo e precisa de diversas verificações para assegurar que não existirão consequências negativas para o processo produtivo. A criação da nova linha de flexografia intensifica ainda mais a necessidade de esforços e transformações na fábrica para ser implementada, pois demanda adaptação de uma área inteira (com novo layout e infraestrutura), além da compra e instalação de diversos equipamentos, exigindo tempo e análises críticas.

Já as iniciativas presentes nos dois últimos lugares do *ranking* são aquelas com menor potencial de ganhos financeiros, mas que também apresentam exigências de esforços significativos para a liderança da Fábrica de Rótulos. Substituir os tabuleiros por caixas retornadas e possibilitar a reutilização de solvente são iniciativas que preveem a criação de novas operações e atividade dentro da fábrica, podendo ter impactos na própria produção de rótulos. São alternativas que exigem planejamento intenso, bem como investimentos de tempo e recursos para instalação e adaptação de processos. Tais fatores acabam justificando a posição dessas alternativas na base do ranqueamento gerado pelo *software*.

## **5.2. Interpretação dos resultados utilizando a planilha de apoio**

Após inserir a matriz de dominância na aba “Cole a matriz de dominância” da planilha Excel, é possível observar as análises presentes na figura 27, obtidas pela aba “Análise dos resultados” da mesma planilha.

Figura 26 - Matriz de dominância do caso piloto

Dominance Matrix:	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
a1	-	P-	P+	P-	R	P-		
a2	P+	-	P+	P-	R	P-		
a3	P-	P-	-	P-	P-	P-		
a4	P+	P+	P+	-	P+	P-		
a5	R	R	P+	P-	-	P-		
a6	P+	P+	P+	P+	P+	-		
a7								
a8								

Fonte: *Software J-ELECTRE-v3.0*

A matriz de dominância traz um resultado ponderado, considerando todos os critérios escolhidos para a aplicação do método ELECTRE III, o que garante aos relacionamentos apresentados aqui um caráter holístico para a elaboração do ranqueamento. Por conta deste fato, tem-se mais detalhes a respeito do *ranking*, o que permite análises mais profundas e completas.

De acordo com a planilha, o primeiro ponto a ser destacado é a incomparabilidade da alternativa A5 (Criação de nova linha produtiva) com as iniciativas A1 (Substituição de tabuleiros) e A2 (Substituição de cartões), o que se deve às grandes diferenças nas avaliações realizadas em cada um dos critérios. Por outro lado, percebe-se a prevalência da preferência forte da alternativa A6 (Venda de papel metalizado) sobre todas as demais, e da alternativa A4 (Substituição do fornecedor de solvente) sobre as outras, com exceção de A6. Tal fato justifica as primeiras colocações obtidas por essas duas iniciativas no *ranking* final.

Ao seguir esta mesma linha de interpretação, nota-se a preferência forte da alternativa A2 sobre A1 e A3 (Reutilização de solvente), e a preferência forte de A1 sobre A3. Além disso, também há a preferência forte de A5 sobre A3. Logo, nota-se que A3 é realmente a pior iniciativa do conjunto, pois não apresenta dominância sobre nenhuma outra alternativa, ao passo em que A5, ou A2 e A1, são opções intermediárias no ranqueamento, encontrando-se abaixo de A6 e A4.

Figura 27 - Interpretação dos relacionamentos entre pares de alternativas

a1	tem preferência FRACA sobre	a2
a1	tem preferência FORTE sobre	a3
a1	tem preferência FRACA sobre	a4
a1	é INCOMPARÁVEL com	a5
a1	tem preferência FRACA sobre	a6

a2	tem preferência FORTE sobre	a1
a2	tem preferência FORTE sobre	a3
a2	tem preferência FRACA sobre	a4
a2	é INCOMPARÁVEL com	a5
a2	tem preferência FRACA sobre	a6

a3	tem preferência FRACA sobre	a1
a3	tem preferência FRACA sobre	a2
a3	tem preferência FRACA sobre	a4
a3	tem preferência FRACA sobre	a5
a3	tem preferência FRACA sobre	a6

a4	tem preferência FORTE sobre	a1
a4	tem preferência FORTE sobre	a2
a4	tem preferência FORTE sobre	a3
a4	tem preferência FORTE sobre	a5
a4	tem preferência FRACA sobre	a6

a5	é INCOMPARÁVEL com	a1
a5	é INCOMPARÁVEL com	a2
a5	tem preferência FORTE sobre	a3
a5	tem preferência FRACA sobre	a4
a5	tem preferência FRACA sobre	a6

a6	tem preferência FORTE sobre	a1
a6	tem preferência FORTE sobre	a2
a6	tem preferência FORTE sobre	a3
a6	tem preferência FORTE sobre	a4
a6	tem preferência FORTE sobre	a5

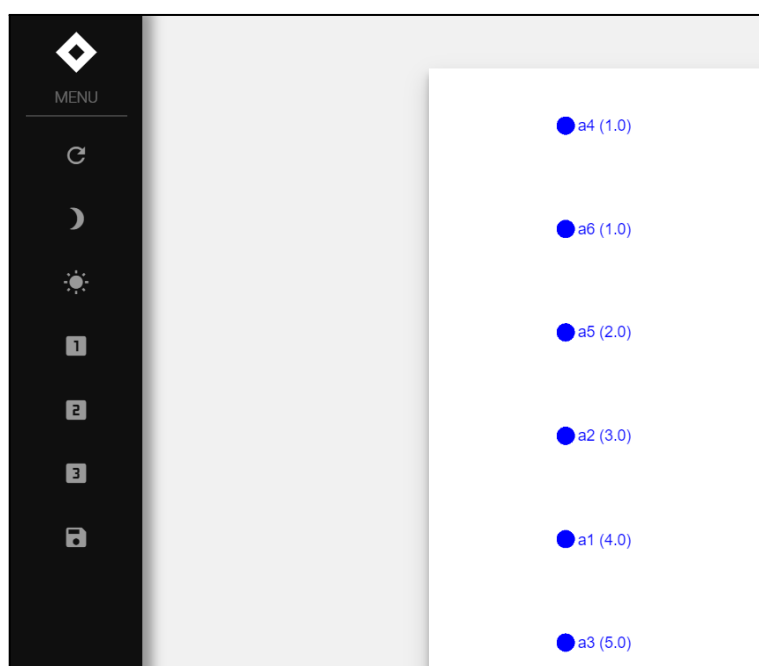
Fonte: Elaboração própria

### 5.3. Análise dos resultados gráficos

Com o intuito de confirmar a veracidade das análises e interpretações realizadas nas seções prévias, foram utilizadas as visualizações gráficas do ranqueamento, fornecidas pelo *software* J-ELECTRE. A característica mais interessante sobre os gráficos é a possibilidade de observar uma manifestação concreta e objetiva de um resultado numérico, que pode ser considerado como abstrato para muitos. Ao verificar as informações dos gráficos do ranqueamento, é possível concluir algumas avaliações que não eram óbvias pela verificação das matrizes, e que só foram obtidas anteriormente com o auxílio de interpretação da planilha Excel desenvolvida.

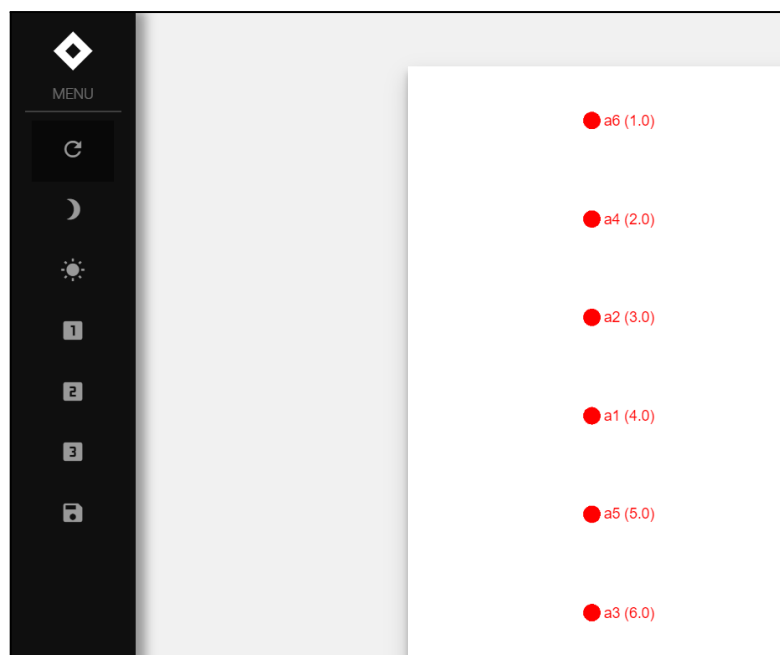
A seguir encontram-se as imagens dos gráficos de ranqueamento ascendente e ranqueamento descendente, evidenciando as colocações ordinais das alternativas no *ranking*. Como já foi comentado, no ranqueamento ascendente são classificadas primeiramente as piores alternativas, começando pela base. Nesse caso, tem-se a alternativa A3 como a pior; A1, A2 e A5 em posições intermediárias (em direção ao topo do *ranking*, nesta mesma ordem); e A4 e A6 empatadas como as melhores iniciativas. Já no ranqueamento descendente, as primeiras alternativas a serem classificadas são as melhores. No topo tem-se a alternativa A6, seguida por A4, em segundo lugar; A2, A1 e A5 em posições intermediárias (em direção à base do *ranking*, nesta mesma ordem); e por fim A3 na última posição.

Figura 28 - Ranqueamento ascendente do caso piloto



Fonte: *Software* J-ELECTRE-v3.0

Figura 29 - Ranqueamento descendente do caso piloto



Fonte: *Software J-ELECTRE-v3.0*

Após rever os ranqueamentos ascendente e descendente, percebe-se que tanto a versão matricial, quanto a versão gráfica, não exibem de forma explícita os relacionamentos de incomparabilidade entre as alternativas A5 (Criação de nova linha produtiva), A2 (Substituição de cartões) e A1 (Substituição de tabuleiros). Isso é perceptível pelas diferentes comparações entre tais alternativas apresentadas nos dois tipos de ranqueamento.

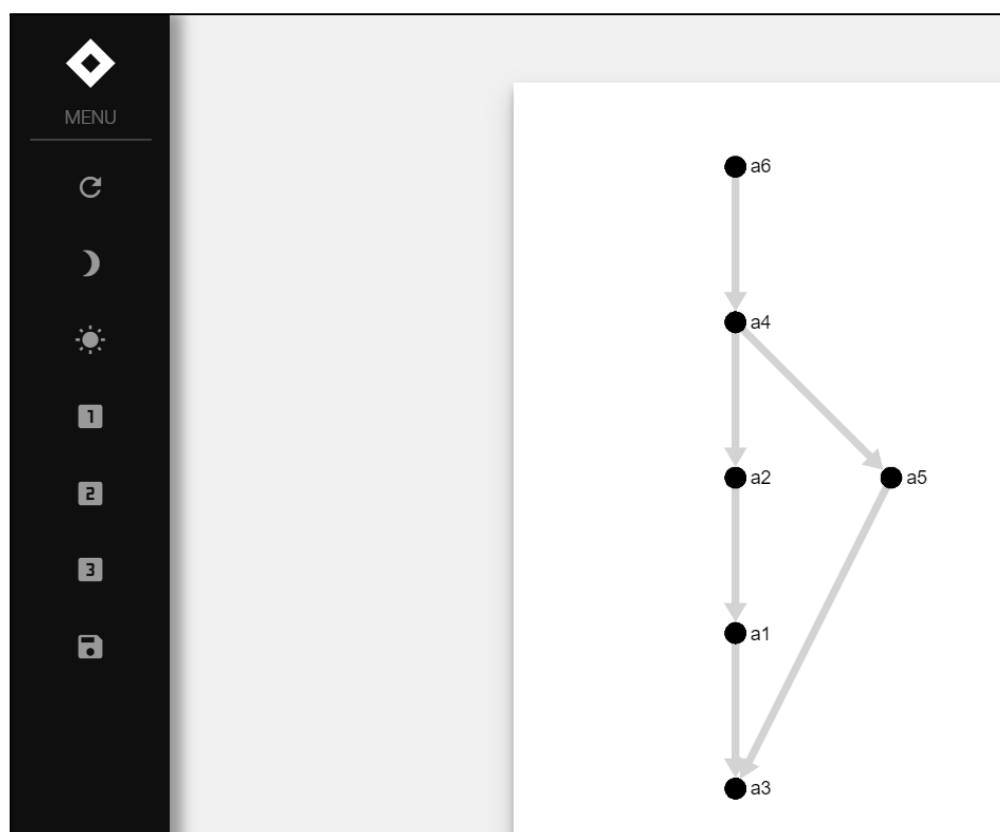
No ranqueamento ascendente, A5 é classificada como melhor do que A2 e A1, embora no ranqueamento descendente, A5 seja classificada como pior do que as outras duas iniciativas. Essa discordância entre os resultados pode levantar questionamentos dos tomadores de decisão ao tentar interpretar tais informações. Por conta disso, é importante reforçar que a planilha Excel de apoio à interpretação mostra ser uma ferramenta útil e necessária para o processo de tomada de decisão, pois contribui para esclarecimento de eventuais dúvidas, como é o caso dessa questão referente ao relacionamento de incomparabilidade entre alternativas.

O gráfico ranqueamento médio, eventualmente considerado como o resultado mais importante para o usuário do *software* e para os tomadores de decisão, corrobora com as interpretações geradas pela planilha Excel, ao mostrar, por meio de um grafo, as classificações de cada alternativa, bem como uma alusão aos relacionamentos entre elas. Na figura 30, é possível constatar a alternativa A6 como a melhor do conjunto, e a alternativa A4 como a

segunda melhor. Em seguida, existem dois caminhos de priorização das iniciativas, sendo um composto pelas alternativas A2 e A1 (com A2 sendo melhor do que A1), e outro formado pela iniciativa A5. Dadas as relações de incomparabilidade de A5 para com A2 e A1, é coerente que surjam dois caminhos de priorização no ranqueamento final. Por fim, a classificação acaba com A3 sendo a pior iniciativa, sendo dominada não só por A1 e A2, mas também por A5.

Portanto, o gráfico do ranqueamento final realmente contribuiu para uma análise completa e aprofundada, rica em detalhes, sobre as classificações das alternativas, seus ranqueamentos e as possibilidades de priorização das iniciativas. Ele pode ser interpretado independentemente de conhecimentos específicos prévios dos tomadores de decisão (não exige conhecimentos particulares da área de exatas, como é o caso dos resultados matriciais), proporcionando um entendimento fácil, direto e claro. Sendo assim, este gráfico mostra-se como o resultado de maior pertinência para os gestores da Fábrica de Rótulos, porque é necessário para uma formulação facilitada de planos de ação e para a implementação dos projetos das iniciativas, capaz de contribuir para resolução do problema originalmente proposto neste trabalho.

Figura 30 - Ranqueamento final (médio) do caso piloto



Fonte: *Software J-ELECTRE-v3.0*

Os resultados obtidos a partir deste caso piloto são frutos das informações disponíveis no momento em que este trabalho foi realizado. Como foi citado anteriormente, existe uma série de fatores que pode alterar o resultado final de um processo de tomada de decisão. O caso piloto teve foco na etapa de seleção (escolha de uma alternativa), e por isso novas situações podem exigir adaptações do modelo proposto e provocar mudanças no resultado final.

Em novas circunstâncias, pode ser necessário revisitar (e talvez até mesmo reformular) o problema original, podem surgir novas alternativas (que precisam ser identificadas), pode ser preciso definir novos critérios, ou alterar as escalas de avaliação e/ou os pesos, além da possibilidade de surgirem problemas na implementação da solução escolhida. Essas situações não invalidam os resultados alcançados pelo caso piloto, mas evidenciam como o processo de tomada de decisão pode passar por transformações e precisar ser revisitado em um momento do futuro (após a finalização deste trabalho).

Todas as percepções geradas a partir das informações obtidas e examinadas nesta análise de resultados foram descritas para garantir um registro detalhado dos conhecimentos conquistados ao final deste trabalho. A documentação elaborada e aqui presente será útil para realização de futuras novas aplicações do modelo e do processo de tomada de decisão propostos. Prezou-se pela clareza e pelo detalhamento das explicações, com ilustrações e exemplos (como é a situação do próprio caso piloto), de forma que as mensagens transmitidas sejam completas e corretas.

## 6. CONCLUSÕES

Após a finalização dos estudos presentes neste trabalho, é possível concluir que a realização do caso piloto foi um sucesso. Em virtude de todo o conhecimento levantado e aprendizados obtidos, a aplicação do caso piloto e a interpretação de seus resultados alcançaram as expectativas desejadas e contribuíram para o atingimento dos objetivos propostos.

Em primeiro lugar, a definição clara e precisa de um problema relevante para a companhia Ambev, especialmente para sua Fábrica de Rótulos, guiou a estruturação e o desenvolvimento do trabalho, sendo este problema caracterizado pela ausência de um método objetivo e analítico para os processos de tomada de decisão. Em segundo lugar, a pesquisa realizada sobre a teoria de métodos multicritério para apoio à tomada de decisão contribuiu com aspectos fundamentais para a busca de uma solução para o problema, tendo sido selecionado o método ELECTRE III, escolhido por proporcionar a priorização de iniciativas.

Em terceiro lugar, a definição de uma metodologia prática e funcional permitiu a aplicação do método multicritério escolhido, por meio da realização do caso piloto, no qual foram utilizados o *software* J-ELECTRE (para execução do método ELECTRE III e obtenção de resultados) e a planilha Excel de elaboração própria (para auxílio na interpretação dos resultados). Com base nas escolhas e definições de iniciativas, critérios de avaliação, escalas de notas, parâmetros, e notas propriamente ditas, feitas em parceria com a liderança da Fábrica de Rótulos (especialmente os gerentes líderes de projetos), foi possível estruturar um caso piloto robusto e consolidado.

Portanto, a priorização das alternativas, obtida como resultado principal do caso piloto, evidencia o desfecho do mesmo, por disponibilizar a informação necessária para a liderança da fábrica conceber um plano de ação para implementação das iniciativas. Esta informação era de grande interesse e de grande valor para os gestores, por indicar a melhor forma de alocar recursos e esforços, de modo a se obter efeitos significativos em curto prazo.

Houve engajamento expressivo dos gerentes durante a elaboração do caso piloto, pois eles demonstraram interesse em acompanhar o desenvolvimento do projeto e em testemunhar a recomendação final que o método multicritério geraria. Os gerentes mostraram-se satisfeitos tanto com as discussões, explicações sobre o método e o processo, e definições de notas e parâmetros, quanto com os resultados finais.

Por conta de todos esses fatores apontados, conclui-se que o trabalho cumpriu seu objetivo inicial proposto. O uso método ELECTRE III, complementado pelo *software*



J-ELECTRE e pela planilha Excel, formaram um modelo de apoio à tomada de decisão capaz de contribuir para a priorização de iniciativas, de forma a incentivar a objetividade nas discussões e decisões da liderança da Fábrica de Rótulos. Esse conjunto de ferramentas possibilitou a concepção de um processo de tomada de decisão padronizado, no qual o método de aplicação pode ser utilizado futuramente em outras diferentes situações de tomada de decisão, desde o levantamento de iniciativas, seleção de critérios e definição de parâmetros.

O caso piloto deste trabalho focou em um problema voltado para a questão financeira da Fábrica de Rótulos, mais especificamente no aprimoramento de rentabilidade da planta. Porém, o modelo desenvolvido e apresentado pode ser aplicado para diversos outros problemas, sejam eles relacionados a questões financeiras, ou relacionados a outros temas de importância para o funcionamento da fábrica. Em diferentes situações, pode ser realizada uma revisão dos critérios e parâmetros presentes neste trabalho, podem ser propostos critérios adicionais ou até mesmo um novo conjunto. A intenção do modelo é ter uma aplicação universal para o processo de tomada de decisão da Fábrica de Rótulos, independentemente da temática associada ao problema abordado.

Sendo assim, é importante considerar possíveis próximos passos após a finalização dos estudos deste trabalho, a fim de proporcionar o amadurecimento e o aperfeiçoamento do conteúdo que foi desenvolvido. O primeiro passo a ser tomado é de validação da aplicabilidade do modelo de processo de tomada de decisão para outros cenários. Como foi comentado, deseja-se que o modelo proposto funcione para diversos contextos. Logo, seria necessário realizar a execução do método em mais situações de tomada de decisão, não apenas para problemas financeiros, mas também para problemas de outras áreas da Fábrica de Rótulos (como, por exemplo, meio ambiente, produtividade na operação, ou logística).

O segundo passo proposto é a consolidação do modelo no dia a dia dos líderes da fábrica. Uma vez que é comprovada a aplicabilidade do método e do processo para diferentes situações de tomada de decisão, é indispensável que o próprio método seja utilizado constantemente. Quanto mais se executa a rotina proposta no modelo, mais ela se torna natural para os tomadores de decisão e inerente à rotina dos gestores. Com uma utilização constante, selecionar critérios, estipular parâmetros e escalas de notas tornam-se atividades simples, o que facilita a implementação delas no dia a dia.

Por fim, o terceiro passo proposto é o aperfeiçoamento das ferramentas e informações já propostas neste trabalho. A planilha em Excel pode continuar a evoluir, eventualmente acumulando mais funções, as quais possam contribuir ainda mais para a interpretação dos resultados gerados pelo *software* J-ELECTRE. Os critérios e suas escalas, presentes no caso

piloto, também podem ser melhorados, ao considerarem indexadores, como o dólar, para evitar grandes variações decorrentes da inflação brasileira. Também podem ser elaborados novos critérios complementares, de modo a tornar a priorização mais robusta e detalhada.

Espera-se que o modelo de apoio à tomada de decisão possa continuar sendo útil e relevante para a Fábrica de Rótulos da Ambev S.A. no futuro, com o apoio à realização de novas tomadas de decisão, por meio da aplicação do modelo e do processo de tomada de decisão propostos. Espera-se também que este trabalho seja uma contribuição para aqueles que tenham interesse em saber mais sobre métodos multicritério, e para aqueles que vivenciam problemas similares ao tratado aqui.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBEV S.A. **Site institucional: Sobre a Ambev.** Disponível em: <https://www.ambev.com.br/sobre-ambev>. Acessado em: 17/05/2022.

BANA e COSTA, Carlos A.; STEWART, Theodor J.; VANSNICK, Jean-Claude. **Multicriteria decision analysis: Some thoughts based on the tutorial and discussion sessions of the ESIGMA meetings.** European Journal of Operational Research, 1997.

BUCHANAN, John; SHEPPARD, Philip. **Ranking projects using the ELECTRE method.** Auckland - New Zealand: 33rd Annual Conference of the Operational Research Society of New Zealand, 1998.

CAMPOS, Vanessa Ribeiro. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento.** São Carlos - SP: Biblioteca EESC/USP, 2011.

DOUMPOS, Michael; ZOPOUNIDIS, Constantin. **Multicriteria decision aid classification methods.** Kluwer Academic Publishers, 2002.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; GOMES, Carlos Francisco Simões; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério.** 3ª ed. São Paulo - SP: Atlas, 2009.

GONÇALVES, Raimundo Wilson. **Métodos multicritérios como apoio à decisão em comitês de bacias hidrográficas.** Fortaleza - CE: UNIFOR, 2001.

GROSS, Jan Charles. **Multicritério de Apoio à Decisão.** Indaial - SC: UNIASSELVI, 2010.

HOKKANEN, Joonas; SALMINEN, Pekka. **ELECTRE III and IV decision aids in an environmental problem.** Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 1997.

INFANTE, Carlos Eduardo Durange de Carvalho; MENDONÇA, Fabrício Molica de; VALLE, Rogério de Aragão Bastos do. **Análise de robustez com o método Electre III: o caso da região de Campo das Vertentes em Minas Gerais**. São Carlos - SP: SciELO, 2014.

LAUDON, Kenneth C.; LAUDON, Jane P. **Sistemas de informação gerenciais: administrando a empresa digital**. 5ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

LEYVA-LÓPEZ, Juan Carlos; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, Eduardo. **A new method for group decision support based on ELECTRE III methodology**. European Journal of Operational Research, 2003.

NETO, Mário Carramillo. **Produção Gráfica II**. São Paulo - SP: Global Editora, 1997.

OXFORD LANGUAGES. Disponível em: <https://languages.oup.com/google-dictionary-pt/>

PENA, Raimon Redondo; REBOLLO, Laura Prieto; OLIVERAS, Karina Gibert; MATEU, Aida Valls. **Use and evaluation of ELECTRE III/IV**. Universidad Rovira i Virgili, DEIM-RT, 2007.

PEREIRA, Valdecy; BASÍLIO, Marcio Pereira. **Estudo sobre a premiação das áreas de segurança pública no Rio de Janeiro via método multicritério: uma aplicação do método Electre III**. Rio de Janeiro - RJ: Exacta Engenharia de Produção, 2020.

PEREIRA, Valdecy; BASÍLIO, Marcio Pereira. **Método ELECTRE III aplicado na modelagem do processo de acesso a alta gestão em órgão de segurança pública**. Rio de Janeiro - RJ: ENEGEP, 2017.

REIS, Tiago. **Verticalização: entenda como funciona esse conceito produtivo**. Suno Artigos: Empresas, 2019. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/verticalizacao/>  
Acessado em: 23/05/2022.

ROGERS, Martin; BRUEN, Michael; MAYSTRE, Lucien-Yves. **Electre and decision support: methods and applications in engineering and infrastructure investment**. Springer Science + Business Media, LLC , 2000.

ROY, B. **Multicriteria methodology for decision aiding**. Holanda: Kluwer academic publishers, 1996.

STAGL, S. **Multicriteria evaluation and public participation: the case of UK energy policy**. Land Use Policy, 2006.