



ConBRepro

XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

03 a 05 de dezembro de 2025

As Engenharias na Transformação Digital das PMEs

Como Priorizar A Atuação Em Fornecedores Críticos Na Indústria Metalúrgica Através Do Uso De Conceitos Das Metodologias De Multicritérios

Cezar Vinicius Mussu Loures

Departamento de Administração Geral e Aplicada - Universidade Federal do Paraná

Dr. José Eduardo Pécora Júnior

Departamento de Administração Geral e Aplicada - Universidade Federal do Paraná

Dr. Mauro Lizot

Departamento de Administração Geral e Aplicada - Universidade Federal do Paraná

Resumo: O aumento da concorrência global tem impulsionado a modernização das empresas e de suas cadeias produtivas, exigindo maior integração entre fluxos de recursos e informações. Nesse contexto, a gestão da criticidade de fornecedores torna-se essencial para assegurar eficiência operacional e competitividade. Este estudo analisa a classificação da criticidade de fornecedores na indústria metalúrgica brasileira, empregando o Analytic Hierarchy Process (AHP) como ferramenta de apoio à decisão multicritério. O modelo foi estruturado a partir de três critérios principais: impactos logísticos decorrentes de atrasos na entrega de peças, impactos de qualidade associados a peças defeituosas e impactos de qualidade relacionados a falhas na linha de produção. A coleta de dados envolveu questionários aplicados a diretores, gerentes e supervisores das áreas de produção, qualidade, logística e compras. O AHP permitiu hierarquizar os fornecedores de forma sistemática, conciliando formulações matemáticas com as percepções dos decisores. Os resultados revelam que, quando avaliados de uma ótica individualizada, sob a perspectiva financeira, o critério PPM apresentou o maior impacto (R\$ 779 mil), seguido pelo SSP (R\$ 762 mil), enquanto o DPU demonstrou menor representatividade (R\$ 628 mil). Já quando usado a agregação dos valores ponderados pelo AHP, impacto total foi de R\$ 789 mil. Esses achados reforçam a relevância da abordagem multicritério, evidenciando sua capacidade de integrar avaliações qualitativas e quantitativas, proporcionando uma visão mais equilibrada e estratégica da criticidade dos fornecedores no contexto industrial, suportando uma tomada de decisão mais assertiva.

Palavras-chave: Análise Multicritério, AHP, Avaliação De Fornecedores, Tomada De Decisão

How To Prioritize Critical Suppliers In The Metallurgical Industry Through The Use Of Multi-Criteria Methodologies

Abstract: The increasing intensity of global competition has driven the modernization of companies and their production chains, demanding greater integration between resource and information flows. In this context, managing supplier criticality becomes essential to ensure operational efficiency and organizational competitiveness. This study analyzes the classification of supplier criticality in the Brazilian metallurgical industry, employing the Analytic Hierarchy Process (AHP) as a multi-criteria decision-making tool. The model was structured around three main criteria: logistical impacts arising from delays in parts delivery, quality impacts associated with defective parts, and quality impacts related to production line failures. Data collection was conducted through questionnaires applied to

directors, managers, and supervisors from production, quality, logistics, and purchasing departments. AHP enabled the systematic prioritization of suppliers by combining mathematical formulations with decision-makers' perceptions. The results show that, when assessed individually from a financial perspective, the PPM criterion presented the greatest impact (R\$ 779k), followed by SSP (R\$ 762k), while DPU demonstrated the lowest representativeness (R\$ 628k). However, when aggregating the weighted values through AHP, the total financial impact reached R\$ 789k. These findings highlight the relevance of the multi-criteria approach, demonstrating its ability to integrate qualitative and quantitative evaluations, thereby providing a more balanced and strategic perspective on supplier criticality in the industrial context and supporting more assertive decision-making.

Keywords: Multi-Criteria Analysis, AHP, Supplier Evaluation, Decision-Making

1. Introdução

A crescente complexidade das cadeias globais de suprimentos e a intensificação da competitividade internacional impõem novos desafios à gestão estratégica de fornecedores. Em um contexto de demandas por qualidade, confiabilidade e agilidade, torna-se indispensável que as organizações desenvolvam mecanismos eficazes para avaliar e classificar o nível de criticidade de seus parceiros de fornecimento (SRINIVASAN; SWINK, 2018). A pandemia da COVID-19, por sua vez, acentuou as vulnerabilidades estruturais dessas cadeias, evidenciando a importância da visibilidade operacional, da integração logística e da qualidade nas relações inter organizacionais (IVANOV; DOLGUI, 2021; QUEIROZ *et al.*, 2022).

Entretanto, fornecedores críticos enfrentam problemas específicos que merecem destaque. Estudos recentes identificam que a dependência excessiva de poucos fornecedores aumenta o poder de barganha desses parceiros e eleva os riscos de interrupções na cadeia, especialmente em crises ou flutuações de demanda (LIANG *et al.*, 2024). Também se observa como problemas centrais a variabilidade na qualidade dos insumos, parcialmente causada por falta de integração efetiva entre os processos de fornecedores e compradores (RUNTUK *et al.*, 2024), bem como desafios de visibilidade e transparência em mercados emergentes, onde lacunas regulatórias, assimetrias informacionais e fragmentação setorial dificultam o monitoramento do desempenho de fornecedores críticos (JIN *et al.*, 2024). Ademais, a crescente frequência de interrupções, sejam logísticas, geopolíticas ou de fornecimento de matérias-primas, exige que organizações implementem estratégias de diversificação, dual sourcing ou reservas de capacidade como mitigantes (BURKHART *et al.*, 2024).

A possibilidade de aplicação de uma ferramenta integrada que possa combinar esses problemas de forma a serem avaliados de uma forma conjunta e concisa proporcionariam uma clareza para a alocação eficaz de recursos, o gerenciamento de riscos e a definição de estratégias de desenvolvimento ou substituição de fornecedores. Nesse cenário, métodos de apoio à decisão multicritério oferecem uma alternativa promissora para estruturar e formalizar essa análise de forma consistente e transparente.

Diversos estudos têm demonstrado a aplicabilidade e robustez de métodos de decisão multicritério (MCDA) na gestão da cadeia de suprimentos. (DWEIRI *et al.*, 2016) utiliza o AHP (Analytic Hierarchy Process) para selecionar fornecedores em países emergentes considerando critérios de qualidade, preço, serviço e disponibilidade. (HO *et al.*, 2010) realiza uma revisão da literatura sobre métodos multicritério aplicados à avaliação e seleção de fornecedores, identificando critérios mais utilizados, limitações existentes e oportunidades de aprimoramento.

MANIK (2023) utiliza o AHP (Analytic Hierarchy Process) para selecionar fornecedores de materiais gráficos em considerando critérios de custo, qualidade, entrega, flexibilidade e comunicação.

O Analytic Hierarchy Process (AHP) (SAATY, 1990) é amplamente utilizado por sua capacidade de estruturar problemas complexos em níveis hierárquicos e traduzir julgamentos subjetivos em escores quantitativos (KHAN *et al.*, 2025; MAYYAS *et al.*, 2011). Pesquisas recentes aplicaram o AHP para a seleção de fornecedores, a priorização de riscos e a avaliação de sustentabilidade, reforçando seu potencial para apoiar decisões estratégicas em ambientes incertos (CUNHA *et al.*, 2024; SAHOO *et al.*, 2025). Em outras palavras o AHP permite traduzir percepções qualitativas de especialistas em valores quantitativos, ponderando critérios múltiplos com base em comparações par a par (SAATY, 1977).

O presente estudo tem como pano de fundo uma empresa multinacional do setor de máquinas pesadas para construção civil, com sede nos Estados Unidos e planta industrial localizada na região metropolitana de Curitiba. Embora a maioria de seus fornecedores esteja sediada na América do Norte, o maior volume orçamentário concentra-se em fornecedores brasileiros. Atualmente, a empresa não possui um sistema estruturado de avaliação de criticidade de fornecedores. A prática vigente consiste em avaliar indicadores de qualidade interna, qualidade de campo e desempenho logístico de forma isolada, sem que haja um modelo que integre essas dimensões em uma única métrica de apoio à decisão. Em auditorias internas recentes, observou-se que os fornecedores classificados como "mais críticos" segundo a análise da qualidade interna não correspondiam aos que geravam maiores impactos em logística, inventário ou custos de retrabalho. Neste contexto, esses aspectos devem ser considerados de forma integrada na avaliação da performance dos fornecedores.

Essa fragmentação na avaliação compromete a assertividade na definição de prioridades e estratégias de relacionamento com fornecedores no setor de Procurement, que tem papel central na estratégia operacional da empresa. Dessa forma, esse projeto é orientado pela necessidade de estruturação de um índice de criticidade de fornecedor, com base em múltiplos indicadores de desempenho, que reflita a realidade de uma cadeia de suprimentos mista, integrando qualidade e logística em uma única métrica de apoio à decisão.

Assim, este estudo propõe a criação de um Índice de Criticidade de Fornecedor, por meio da aplicação do método AHP, considerando os seguintes indicadores: Supplier Shipping Performance (SSP) indicador de desempenho logístico que mede a eficiência de entrega de peças dos fornecedores, Defeitos por Unidade (DPU) indicador de defeitos por cada máquina produzida na linha de produção e Peças Por Milhão (PPM) indicador que reflete o número de peças rejeitadas por não conformidade. O objetivo é ponderar os critérios de forma estruturada, refletindo a percepção de profissionais das áreas de compras, qualidade, fabricação e logística, e assim estabelecer uma métrica integrada que permita avaliar de forma mais precisa a performance dos fornecedores.

A resposta a essa demanda proposta por esse projeto é relevante tanto para a literatura acadêmica, ao preencher uma lacuna relacionada à integração de indicadores logísticos e de qualidade em modelos de decisão, quanto para a prática empresarial, ao fornecer uma ferramenta quantitativa para suporte às decisões de uma empresa com um modelo real aplicado.

2. Metodologia

2.1. Análise através dos impactos financeiros mensurados internamente pela organização

Com o objetivo de avaliar, de forma quantitativa, os impactos decorrentes de falhas na cadeia de suprimentos de uma indústria localizada no Brasil, considerando aspectos relacionados à performance logística, à qualidade dos produtos fornecidos e aos custos

associados à necessidade de retrabalho. Para isso, foram definidos três indicadores-chave, cujas escolhas estão alinhadas às práticas estabelecidas na literatura de gestão da qualidade (JURAN, 1999) e supply chain management (CHOPRA; MEINDL, 2007). Os indicadores utilizados foram:

- Defeitos por Unidade (DPU): representa a quantidade total de defeitos por cada máquina produzida. Para mensurar o impacto na linha se mede o tempo total despendido em atividades de retrabalho necessárias para corrigir defeitos originados por falhas de responsabilidade de fornecedores. O DPU é um indicador interno amplamente utilizado em sistemas de gestão da qualidade (MONTGOMERY, 2020). O valor financeiro desse indicador foi calculado multiplicando-se o tempo total de reparo pelo custo da hora operacional em reais.

- Supplier Shipping Performance (SSP): este indicador mede o desempenho logístico do fornecedor, considerando o cumprimento de prazos e volumes acordados. O cálculo foi realizado pela multiplicação da quantidade de programas não conformes (NOK) pelo custo unitário de cada programa impactado, expresso em reais. Este indicador está em consonância com as práticas de avaliação de desempenho logístico discutidas por (Christopher, 2016).

- Partes Por Milhão (PPM): indicador clássico de controle da qualidade (LOBO, 2019) que reflete o número de peças rejeitadas por não conformidade. Para quantificação econômica, multiplicou-se a quantidade total de peças rejeitadas pelo custo médio de uma peça, originalmente expresso em dólares e convertido para reais utilizando a taxa de câmbio vigente no período de análise (1 USD = 5,1975 BRL).

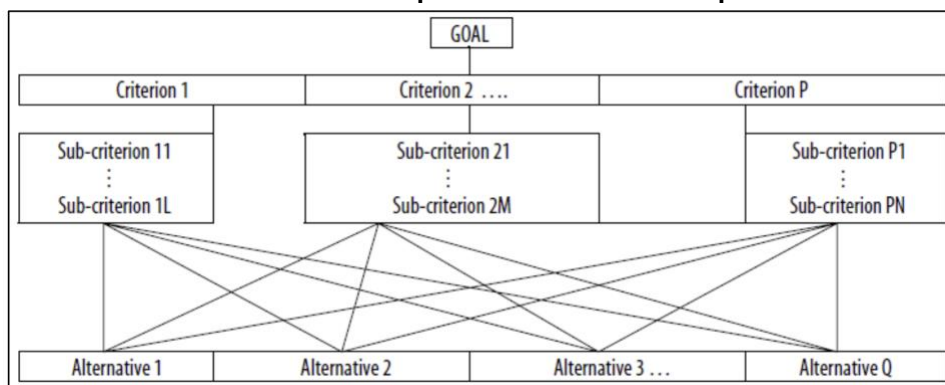
Atualmente, na organização em estudo, os indicadores de desempenho relacionados à qualidade, à performance logística e aos custos operacionais são monitorados de forma independente e isolada. Cada métrica, seja ela o tempo de reparo (DPU), o desempenho logístico (SSP) ou a quantidade de peças rejeitadas (PPM), é tratada de maneira individualizada, sem que haja uma análise integrada capaz de avaliar seu impacto combinado no desempenho global da cadeia de suprimentos. Esta abordagem, embora funcional para controles operacionais específicos, limita a priorização estratégica dos fatores críticos que mais afetam os custos e a eficiência do sistema produtivo.

2.2. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Com o objetivo de A Análise Hierárquica de Processo é uma abordagem sistemática que visa fornecer uma base para a tomada de decisão utilizando princípios matemáticos em uma metodologia definida através da experiência, intuição e heurística. Em outras palavras, esse método é comumente aplicado onde em sistemas decisórios onde a escolha, a priorização ou a previsão são necessárias. O método é amplamente utilizado em estudos de engenharia, logística e gestão da cadeia de suprimentos devido à sua capacidade de tratar decisões sob múltiplos critérios com envolvimento subjetivo dos decisores (FORMAN; GASS, 2001; VAIDYA; KUMAR, 2006).

Esse método permite dividir um problema em uma hierarquia de subproblemas (Figura 1), com o objetivo de facilitar a compreensão e permitir que as avaliações subjetivas sejam convertidas em valores numéricos e processados para classificar cada alternativa em uma escala numérica, facilitando a comparação entre elementos com base em julgamentos qualitativos e quantitativos (SAATY, 1990).

FIGURA 1 – Exemplo De Estrutura Hierárquica



Fonte: Saaty (1990)

A lógica central do AHP consiste na realização de comparações pareadas entre critérios, atribuindo pesos relativos de importância com base em uma escala fundamental. No presente estudo, foi utilizada uma escala de Saaty, conforme Tabela 1, com três de julgamento: mesmo impacto (1), mais impactantes (5) e extremamente impactantes (9). Essa adaptação buscou facilitar a compreensão pelos respondentes do contexto industrial avaliado.

Tabela 1 – Escala Adaptada De Saaty

Julgamento qualitativo	Valor numérico
Mesmo impacto	1
Mais impactantes	5
Extremamente impactantes	9

Fonte: Autor (2025)

As avaliações obtidas são transformadas em valores numéricos, que são processados de modo a refletir a contribuição relativa de cada elemento para o objetivo final. Dessa forma, o AHP permite a comparação estruturada entre alternativas diversas, mesmo que incomensuráveis, destacando-se como uma ferramenta robusta no apoio à decisão.

A matriz de comparações pareadas é representada por uma matriz quadrada de ordem n , onde cada entrada a_{ij} indica o grau de importância do critério i em relação ao critério j . A matriz é recíproca, isto é, $a_{ij} = 1 / a_{ji}$ e a diagonal principal é composta por elementos iguais a 1.

Figura 2 – Matriz de comparação

a_{11}	a_{12}	a_{13}	$\cdots$	a_{1n}	Elemento	Significado
a_{21}	a_{22}	a_{23}	$\cdots$	a_{2n}	a_{ij}	Grau de importância do critério i em relação ao critério j
a_{31}	a_{32}	a_{33}	$\cdots$	a_{3n}	$a_{ij} = 1 / a_{ji}$	Propriedade de reciprocidade da matriz
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$a_{ii} = 1$	A diagonal principal sempre contém 1 (um critério comparado com ele mesmo)
a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	$\cdots$	a_{nn}		

Fonte: Autor (2025)

O vetor de pesos (w) que representa a prioridade relativa entre os critérios é obtido por meio da normalização da matriz e do cálculo da média das linhas, como apresentado na Equação 1:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n} \quad (1)$$

Para verificar a consistência dos julgamentos, calcula-se o índice de consistência (CI) com base no maior autovalor da matriz normalizada (λ_{max}), conforme a Equação 2:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Posteriormente, calcula-se a razão de consistência (CR) dividindo-se o CI pelo índice aleatório de consistência (RI), sendo que o RI (Tabela 2) foi obtido a partir de um grande número de simulações e varia de acordo com a ordem da matriz, conforme a Equação 3. Valores de $CR \leq 0,1$ indicam julgamentos consistentes e aceitáveis.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Tabela 2 – Índice Aleatório De Consistência

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1990)

A partir desse conceito, as prioridades locais são agregadas para produzir uma ordenação geral das alternativas em relação ao objetivo principal e, finalmente, a alternativa com maior prioridade é selecionada como a melhor opção para o problema em análise.

2.2.1. Estrutura da Pesquisa e Coleta de dados

O seguinte estudo foi desenvolvido em uma empresa industrial do setor industrial mecânico, com foco na avaliação de critérios de desempenho relacionados à qualidade e logística de fornecedores. Para tanto, visando manter a possibilidade de comparação entre o método financeiro mencionado na sessão 3.1 e o AHP, foram-se utilizados os mesmos 3 indicadores:

- Defeitos por Unidade (DPU): representa a quantidade total de defeitos por cada máquina produzida. Para mensurar o impacto na linha se mede o tempo total despendido em atividades de retrabalho necessárias para corrigir defeitos originados por falhas de responsabilidade de fornecedores.
- Supplier Shipping Performance (SSP): este indicador mede o desempenho logístico do fornecedor, considerando o cumprimento de prazos e volumes acordados.
- Partes Por Milhão (PPM): indicador clássico de controle da qualidade que reflete o número de peças rejeitadas por não conformidade.

A pesquisa envolveu 37 profissionais de nível estratégico e tático da organização, abrangendo gerentes, supervisores e diretores das áreas de compras, qualidade, fabricação e logística. Os respondentes foram instruídos a realizar comparações pareadas entre os três indicadores, utilizando a escala de julgamento adaptada (Tabela 1). A coleta foi conduzida por meio de um formulário digital estruturado, com foco na simplicidade e clareza dos julgamentos

3. Resultados e discussões

3.1. Resultados Através Dos Impactos Financeiros Por Indicador Individualmente

A análise financeira foi conduzida de forma a quantificar os impactos econômicos associados a cada um dos indicadores avaliados (SSP, DPU e PPM), considerando inicialmente a abordagem tradicional de avaliação isolada dos critérios. Para tanto, os fornecedores foram primeiramente ordenados de acordo com o impacto de cada indicador, sendo considerados os dez maiores contribuintes em cada caso.

A avaliação dos impactos financeiros foi conduzida a partir da associação de custos específicos a cada um dos três indicadores analisados: custo por minuto do DPU (R\$ 4,02), custo médio por peça do PPM (R\$ 115,78) e custo médio por programa do SSP (R\$ 11,29). O objetivo foi mensurar, de forma prática, os efeitos econômicos da priorização de fornecedores considerando a ordenação por diferentes critérios isolados.

No primeiro cenário, os fornecedores foram ordenados de acordo com o impacto do Supplier Shipping Performance (SSP). A partir dos dez maiores contribuintes em programas não conformes, foram calculados os valores relativos a SSP, DPU e PPM, multiplicando-os pelos custos unitários correspondentes. O resultado (Tabela 3) obtido indica que, caso a tratativa fosse conduzida exclusivamente pelo critério SSP, os impactos financeiros totalizariam aproximadamente R\$ 762 mil.

Tabela 3 – Síntese Dos Impactos Financeiros Relativos Ao SSP

#	Fornecedor	Custo SSP	Custo DPU	Custo PPM	Total
1	CO	R\$ 84.547,64	R\$ 5.306,02	R\$ 65.297,24	R\$ 155.150,89
2	BR	R\$ 79.812,52	R\$ 31.313,93	R\$ 10.535,55	R\$ 121.662,00
3	MA	R\$ 73.915,60	R\$ 27.152,67	R\$ 22.228,85	R\$ 123.297,11
4	VE	R\$ 71.164,60	R\$ 11.527,83	R\$ 31.722,42	R\$ 114.414,85
5	IM	R\$ 39.763,59	R\$ 11.527,83	R\$ 71.896,43	R\$ 123.187,85
6	C1	R\$ 25.729,91	R\$ -	R\$ -	R\$ 25.729,91
7	NE	R\$ 23.901,05	R\$ 7.270,17	R\$ 2.547,06	R\$ 33.718,27
8	LE	R\$ 16.945,40	R\$ 10.021,58	R\$ 578,88	R\$ 27.545,86
9	BU	R\$ 14.598,10	R\$ 180,75	R\$ -	R\$ 14.778,85
10	KA	R\$ 14.225,40	R\$ 8.864,78	R\$ 115,78	R\$ 23.205,96
					R\$ 762.691,55

Fonte: Autor (2025)

Em um segundo cenário, os fornecedores foram ordenados segundo o impacto do DPU. Novamente, os dez principais fornecedores foram selecionados e, a partir dos dados referentes a SSP, DPU e PPM, multiplicados por seus respectivos custos médios, obteve-se um valor agregado de aproximadamente R\$ 628 mil. Esse montante representa o impacto financeiro potencial caso a priorização fosse realizada com base no tempo de retrabalho como guia exclusivo (Tabela 4).

Tabela 4 – Síntese Dos Impactos Financeiros Relativos Ao DPU

#	Fornecedor	Custo SSP	Custo DPU	Custo PPM	Total
1	ET	R\$ 8.043,31	R\$ 31.972,67	R\$ 1.968,18	R\$ 41.984,16
2	BR	R\$ 79.812,52	R\$ 31.313,93	R\$ 10.535,55	R\$ 121.662,00
3	MA	R\$ 73.915,60	R\$ 27.152,67	R\$ 22.228,85	R\$ 123.297,11
4	BO	R\$ 1.885,43	R\$ 14.620,67	R\$ 1.620,85	R\$ 18.126,95
5	C2	R\$ -	R\$ 13.861,52	R\$ 4.052,13	R\$ 17.913,65
6	DA	R\$ 541,92	R\$ 13.536,17	R\$ 231,55	R\$ 14.309,64
7	VE	R\$ 71.164,60	R\$ 11.527,83	R\$ 31.722,42	R\$ 114.414,85
8	IM	R\$ 39.763,59	R\$ 11.527,83	R\$ 71.896,43	R\$ 123.187,85
9	LE	R\$ 16.945,40	R\$ 10.021,58	R\$ 578,88	R\$ 27.545,86
10	TE	R\$ 4.741,80	R\$ 10.005,52	R\$ 11.809,08	R\$ 26.556,39
					R\$ 628.998,45

Fonte: Autor (2025)

Por fim, no terceiro cenário, os fornecedores foram classificados pelo PPM (Partes por Milhão). Considerando os dez fornecedores mais críticos nesse indicador e aplicando o

mesmo procedimento de multiplicação pelos custos relativos, verificou-se um impacto financeiro total de aproximadamente R\$ 779 mil (Tabela 5).

Tabela 5 – Síntese Dos Impactos Financeiros Relativos Ao PPM

#	Fornecedor	Custo SSP	Custo DPU	Custo PPM	Total
1	IM	R\$ 39.763,59	R\$ 11.527,83	R\$ 71.896,43	R\$ 123.187,85
2	CO	R\$ 84.547,64	R\$ 5.306,02	R\$ 65.297,24	R\$ 155.150,89
3	GA	R\$ 287,78	R\$ -	R\$ 45.268,12	R\$ 45.555,91
4	VE	R\$ 71.164,60	R\$ 11.527,83	R\$ 31.722,42	R\$ 114.414,85
5	PH	R\$ 9.518,35	R\$ 1.928,00	R\$ 29.291,14	R\$ 40.737,48
6	MA	R\$ 73.915,60	R\$ 27.152,67	R\$ 22.228,85	R\$ 123.297,11
7	TE	R\$ 4.741,80	R\$ 10.005,52	R\$ 11.809,08	R\$ 26.556,39
8	BR	R\$ 79.812,52	R\$ 31.313,93	R\$ 10.535,55	R\$ 121.662,00
9	ME	R\$ 13.921,94	R\$ 642,67	R\$ 6.714,96	R\$ 21.279,58
10	EL	R\$ 2.066,13	R\$ -	R\$ 5.094,11	R\$ 7.160,24
					R\$ 779.002,30

Fonte: Autor (2025)

A análise comparativa entre os três cenários revela diferenças significativas. O critério PPM apresentou o maior impacto financeiro (R\$ 779 mil), seguido de perto pelo SSP (R\$ 762 mil), enquanto o DPU resultou no menor valor (R\$ 628 mil). Esses resultados sugerem que, do ponto de vista estritamente financeiro, a priorização de fornecedores pelo PPM captura um montante maior de impactos potenciais, embora o SSP apresente valor bastante próximo. O DPU, por sua vez, demonstra menor representatividade econômica quando considerado de forma isolada. Pode-se verificar o comparativo percentual entre cada um dos indicadores na Tabela 6.

Tabela 6 – Síntese Comparativa Entre Indicadores

Comparação	Diferença (R\$ mil)	Diferença (%)
SSP vs DPU	R\$ 133.693,09	21,34%
PPM vs SSP	R\$ 16.310,75	2,23%
PPM vs DPU	R\$ 150.003,85	24,04%

Fonte: Autor (2025)

De forma conclusiva, os resultados evidenciam que a escolha do critério de ordenação influencia diretamente a quantificação dos impactos financeiros. Contudo, a análise também demonstra que a utilização isolada de apenas um indicador pode levar a conclusões parciais, deixando de contemplar fornecedores que, embora não sejam críticos em um critério específico, apresentam impactos relevantes quando considerados de maneira integrada

3.2. Resultados Através Analytic Hierarchy Process (AHP)

Com base nos dados coletados por meio dos julgamentos dos 37 especialistas participantes da pesquisa, foi construída uma matriz de comparações pareadas entre os três indicadores avaliados: SSP – Supplier Shipping Performance, DPU – Defeitos por Unidade (Repair Time) e PPM – Peças Rejeitadas. Para isso, foi aplicada a média geométrica dos julgamentos individuais, conforme recomendado por (SAATY, 1990) e os pesos relativos (prioridades) foram calculados a partir dos autovalores normalizados da matriz resultando na matriz agregada apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 – Pesos Relativo Através Da Priorização Através Do AHP

AHP	SSP - Logística	DPU - Repair Time	PPM - Pçs rejeitadas	Prioridade
SSP - Logística	1,000	1,902	1,955	0,489

DPU - Repair Time	0,526	1,000	0,829	0,237
PPM - Pçs rejeitadas	0,511	1,207	1,000	0,274

Fonte: Autor (2025)

Os resultados da aplicação do método AHP evidenciam que o critério SSP – Logística foi identificado como o mais relevante entre os avaliados, apresentando peso relativo de 0,489. Na sequência, observa-se o PPM – Peças Rejeitadas, com peso de 0,274, seguido pelo DPU – Repair Time, com peso de 0,237. Essa hierarquização demonstra a percepção dos respondentes de que as falhas logísticas exercem impacto mais significativo sobre a operação da cadeia de suprimentos quando comparadas aos efeitos decorrentes de defeitos de processo e rejeição de peças.

Com o intuito de assegurar a robustez do modelo, foi conduzida a verificação da consistência dos julgamentos, conforme estabelecido pela equação (3). O resultado obtido para o índice de consistência foi de $CR = 0,0048$, valor substancialmente inferior ao limite de 0,1 recomendado por Saaty. Assim, conclui-se que as comparações par a par apresentam elevado grau de consistência, validando os pesos atribuídos a cada um dos indicadores analisados.

Na etapa subsequente, procedeu-se à integração desses pesos com os valores operacionais de cada indicador. Para tanto, os impactos associados a SSP foram multiplicados pelo respectivo peso de 0,489; os valores de DPU foram ponderados pelo peso de 0,237; e os valores de PPM foram ponderados pelo peso de 0,274. O resultado dessas operações forneceu um valor ponderado para cada fornecedor, considerando simultaneamente os três indicadores.

Em seguida, os resultados obtidos foram somados para cada fornecedor, gerando um valor agregado que reflete o impacto total ponderado. Esses valores foram posteriormente normalizados, de modo a permitir comparabilidade entre fornecedores em uma escala unificada. A métrica resultante foi denominada Índice de Criticidade, representando a medida final de prioridade relativa entre os fornecedores analisados.

Com base nesse índice, os fornecedores foram ordenados do maior para o menor valor, o que permitiu identificar, de forma objetiva, os mais críticos em termos de impacto combinado de logística e qualidade. A Tabela 8 apresenta os dez fornecedores mais críticos, consolidando o resultado final da análise multicritério e evidenciando a aplicabilidade prática do modelo proposto.

Tabela 8 – Criticidade Com Base No AHP

#	AHP	Criticidade
1	FORN BR	130.239
2	FORN MA	118.672
3	FORN CO	100.906
4	FORN VE	93.775
5	FORN IM	62.862
6	FORN ET	54.736
7	FORN NE	35.928
8	FORN LE	32.421
9	FORN KA	27.847
10	FORN C1	27.232

Fonte: Autor (2025)

Com o intuito de validar financeiramente a classificação obtida pelo método multicritério, foi realizada uma segunda etapa de análise, na qual os custos reais associados a cada indicador foram aplicados diretamente à ordenação resultante do AHP, metodologia similar

ao que foi feito para análise individual de cada indicador. Nesse procedimento, considerou-se a mesma base de custos utilizada nos cenários anteriores: custo por minuto do DPU (R\$ 4,02), custo médio por peça do PPM (R\$ 115,78) e custo médio por programa do SSP (R\$ 11,29).

Para cada fornecedor, os valores de impacto em SSP, DPU e PPM foram multiplicados pelos respectivos custos unitários, resultando em um valor agregado representativo do impacto financeiro real de R\$ 789 mil (Tabela 9).

#	Fornecedor	Custo SSP	Custo DPU	Custo PPM	Total
1	BR	R\$ 79.812,52	R\$ 31.313,93	R\$ 10.535,55	R\$ 121.662,00
2	MA	R\$ 73.915,60	R\$ 27.152,67	R\$ 22.228,85	R\$ 123.297,11
3	CO	R\$ 84.547,64	R\$ 5.306,02	R\$ 65.297,24	R\$ 155.150,89
4	VE	R\$ 71.164,60	R\$ 11.527,83	R\$ 31.722,42	R\$ 114.414,85
5	IM	R\$ 39.763,59	R\$ 11.527,83	R\$ 71.896,43	R\$ 123.187,85
6	ET	R\$ 8.043,31	R\$ 31.972,67	R\$ 1.968,18	R\$ 41.984,16
7	NE	R\$ 23.901,05	R\$ 7.270,17	R\$ 2.547,06	R\$ 33.718,27
8	LE	R\$ 16.945,40	R\$ 10.021,58	R\$ 578,88	R\$ 27.545,86
9	KA	R\$ 14.225,40	R\$ 8.864,78	R\$ 115,78	R\$ 23.205,96
10	C1	R\$ 25.729,91	R\$ -	R\$ -	R\$ 25.729,91
					R\$ 789.896,86

Fonte: Autor (2025)

4. Conclusão

O modelo proposto neste estudo demonstra a viabilidade e a eficácia da aplicação de sistemas de apoio à decisão no contexto da avaliação de desempenho de fornecedores industriais. Ao empregar o método Analytic Hierarchy Process (AHP), foi possível estruturar e quantificar a percepção de gestores, supervisores e diretores das áreas de compras, qualidade, fabricação e logística quanto à criticidade de três indicadores-chave: Supplier Shipping Performance (SSP), Repair Time (DPU) e peças rejeitadas (PPM). A hierarquização dos critérios revelou o SSP – Supplier Shipping Performance (0,489) como o mais relevante, seguido pelo PPM – Peças Rejeitadas (0,274) e pelo DPU – Repair Time (0,237), indicando que as falhas logísticas são percebidas como mais impactantes do que os indicadores de qualidade isolados. A consistência da matriz foi validada pelo índice CR = 0,0048, confirmando a robustez dos pesos atribuídos.

A análise financeira permitiu quantificar os impactos econômicos associados a cada cenário de priorização. A ordenação isolada dos indicadores resultou em valores para cada um (Tabela 10). Esses resultados indicam que, quando considerados individualmente, os indicadores de qualidade apresentam custos relevantes são discrepantes entre si, embora a logística permaneça central para a performance da cadeia de suprimentos, mas de forma alguma a mais importante isoladamente.

Tipo de Análise	Custo Coberto
Custo SSP - Logística	R\$ 762.691,55
Custo DPU - Repair Time	R\$ 628.998,45
Custo PPM - Pçs rejeitadas	R\$ 779.002,30
Custo AHP	R\$ 789.896,86

Fonte: Autor (2025)

Quando aplicada a metodologia multicritério, ponderando simultaneamente os três indicadores, o valor consolidado obtido pelo AHP foi de R\$ 789 mil. Esse montante superou todos os valores observados em SSP, DPU, PPM. A diferença reside no fato de que a abordagem multicritério evitou redundâncias e dispersões, uma vez que a análise fragmentada por indicador identificou 17 fornecedores distintos, enquanto o AHP consolidou o diagnóstico em 10 fornecedores mais críticos, concentrando de forma mais eficiente os impactos logísticos e financeiros.

Conclui-se, portanto, que a utilização do AHP proporciona uma visão integrada da criticidade de fornecedores, conciliando aspectos logísticos e de qualidade com os impactos financeiros efetivos. O modelo proposto oferece uma base objetiva e metodologicamente consistente para orientar decisões no setor de Procurement, permitindo o direcionamento estratégico e racional de recursos, a mitigação de riscos e o fortalecimento da resiliência organizacional.

Referências

BURKHART, Davide; BODE, Christoph. On supplier resilience: How supplier performance, disruption frequency, and disruption duration are interrelated. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 30, n. 3, p. 100921, 2024.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Supply Chain Management. Strategy, Planning & Operation. *In*: BOERSCH, Cornelius; ELSCHEN, Rainer (Orgs.). **Das Summa Summarum des Management: Die 25 wichtigsten Werke für Strategie, Führung und Veränderung**. Wiesbaden: Gabler, 2007. p. 265–275.

CUNHA, Carlos Alberto Soares *et al.* Assessment of sustainable performance of the top five Brazilian steel industries using the TOPSIS technique with Gaussian AHP. **Gestão & Produção**, v. 31, n. e9823, p. e9823, 2024.

DWEIRI, Fikri *et al.* Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry. **Expert Systems with Applications**, v. 62, p. 273–283, 2016.

FORMAN, Ernest H.; GASS, Saul I. The Analytic Hierarchy Process—An Exposition. **Operations Research**, v. 49, n. 4, p. 469–486, 2001.

HO, William; XU, Xiaowei; DEY, Prasanta K. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 202, n. 1, p. 16–24, 2010.

IVANOV, Dmitry; DOLGUI, Alexandre. OR-methods for coping with the ripple effect in supply chains during COVID-19 pandemic: Managerial insights and research implications. **International Journal of Production Economics**, v. 232, p. 107921, 2021.

JURAN, J. M. **Juran's Quality Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1999.

KHAN, Shah Zeb *et al.* Development of AHP-Based Divergence Distance Measure between p,q,r–Spherical Fuzzy Sets with Applications in Multi-Criteria Decision Making. **CMES - Computer Modeling in Engineering and Sciences**, v. 143, n. 2, p. 2185–2211, 2025.

LI, Jin *et al.* Manufacturer's choice of online selling format in a dual-channel supply chain with green products. **European Journal of Operational Research**, v. 318, n. 1, p. 131–142, 2024.

LIANG, Jing; YANG, Shilei. The profitability implications of supplier concentration during economic recession and restoration: the moderating role of supply localization. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 11, n. 1, p. 1281, 2024.

LOBO, Renato Nogueirol. **Gestão da qualidade**. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2019.

MANIK, Mehedi Hasan. Addressing the supplier selection problem by using the analytical hierarchy process. **Heliyon**, v. 9, n. 7, 1 jul. 2023.

MAYYAS, Abdelraoof *et al.* Using Quality Function Deployment and Analytical Hierarchy Process for material selection of Body-In-White. **Materials & Design**, v. 32, n. 5, p. 2771–2782, 2011.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2020.

QUEIROZ, Maciel M. *et al.* Impacts of epidemic outbreaks on supply chains: mapping a research agenda amid the COVID-19 pandemic through a structured literature review. **Annals of Operations Research**, v. 319, n. 1, p. 1159–1196, 2022.

RUNTUK, Johan Krisnanto; NG, Poh Kiat; OOI, Shih Yin. Challenges and Solutions in Working with Green Suppliers: Perspective from a Manufacturing Industry. **Sustainability**, v. 16, n. 20, p. 1–21, out. 2024.

SAATY, Thomas L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234–281, 1977.

SAATY, Thomas L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 9–26, 1990.

SAHOO, Sushil Kumar *et al.* A Comprehensive Review of Multi-criteria Decision-making (MCDM) Toward Sustainable Renewable Energy Development. **Spectrum of Operational Research**, v. 2, n. 1, p. 268–284, 12 fev. 2025.

SRINIVASAN, Ravi; SWINK, Morgan. An Investigation of Visibility and Flexibility as Complements to Supply Chain Analytics: An Organizational Information Processing Theory Perspective. **Production and Operations Management**, v. 27, n. 10, p. 1849–1867, 1 out. 2018.

VAIDYA, Omkarprasad S.; KUMAR, Sushil. Analytic hierarchy process: An overview of applications. **European Journal of Operational Research**, v. 169, n. 1, p. 1–29, 2006.