

## BUSINESS IMPACT ANALYSIS NA FABRICAÇÃO DE TUBOS FLEXÍVEIS

Marcus Vinícius da Silva Pinto Vieira<sup>1\*</sup>, Vinicius da Silva Menezes<sup>1\*\*</sup> & Daniel Clarismundo Borges<sup>2\*\*\*</sup>

### RESUMO

VIEIRA, M. V. S. P.; MENEZES, V. S.; BORGES, D. C. Business Impact Analysis na Fabricação de Tubos Flexíveis. **Perspectivas Online: Exatas & Engenharia**, v.15 , n.40 , p. 12 -26 , 2025.

O gerenciamento de riscos é fundamental no monitoramento e análise destes eventos indesejados. Devido à variação do preço do petróleo, as empresas da indústria de óleo e gás encontram-se na necessidade de adotar uma estratégia de gerenciamento, a fim de prognosticar os riscos, visto que estes afetam diretamente nos custos da organização. Um dos métodos válidos, e parte fundamental para o gerenciamento de riscos, é a ferramenta de *Business Impact Analysis* (ou, BIA) para análise da criticidade de um processo após a ocorrência de um evento, a partir de uma interrupção indesejada. O objetivo do presente artigo é a aplicação do BIA em

processos de fabricação de tubos flexíveis *offshore*, com a finalidade de identificar os processos mais, e, menos críticos. Para tal fim, utilizou-se o modelo proposto de BIA por Brasileiro (2016), utilizando como estudo de caso os parâmetros dimensionais do tubo flexível projetado por Malta (2010). Obteve-se como resultados a classificação de cada um dos processos, quanto à criticidade a partir de valores atribuídos para os subcritérios (Setup, Operacional, Matéria Prima e Meio Ambiente) adicionado à avaliação do tempo de tolerância para cada um deles, e desta forma, o artigo obteve êxito ao objetivo declarado.

**Palavras-chave:** Tubo Flexível. BIA. *Business Impact Analysis*. Fabricação.

<sup>1</sup> Pesquisador – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Engenheiro Paulo de Frontin (IFRJ) - Av. Maria Luiza, S/n - Bairro Aprendizado, Eng. Paulo de Frontin - RJ, Brasil, 26660-000

<sup>2</sup> Professor Pesquisador – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Engenheiro Paulo de Frontin (IFRJ) - Av. Maria Luiza, S/n - Bairro Aprendizado, Eng. Paulo de Frontin - RJ, Brasil, 26660-000

(\*) e-mail: [marcusvinicius1994@gmail.com](mailto:marcusvinicius1994@gmail.com)

(\*\*) e-mail: [yds.menezes1@gmail.com](mailto:yds.menezes1@gmail.com)

(\*\*\*) e-mail: [daniel.borges@ifrj.edu.br](mailto:daniel.borges@ifrj.edu.br)

## BUSINESS IMPACT ANALYSIS IN THE MANUFACTURING OF FLEXIBLE PIPE

Marcus Vinícius da Silva Pinto Vieira<sup>1\*</sup>, Vinicius da Silva Menezes<sup>1\*\*</sup> & Daniel Clarismundo Borges<sup>2\*\*\*</sup>

### ABSTRACT

VIEIRA, M. V. S. P.; MENEZES, V. S.; BORGES, D. C. Business Impact Analysis in the Manufacturing of Flexible Pipe. *Perspectivas Online: Exatas & Engenharia*, v.15, n.40, p. 12 - 26, 2025.

Risk management is fundamental in monitoring and analyzing these unwanted events. Due to the variation in the price of oil, companies in the O&G industry find themselves needing to adopt a management strategy in order to predict risks, as these directly affect the organization's costs. One of the valid methods, and a fundamental part of risk management, is the Business Impact Analysis (or BIA) tool for analyzing the criticality of a process after the occurrence of an event, resulting from an unwanted interruption. The objective of this article is the application of BIA in offshore flexible pipe manufacturing processes, with

the purpose of identifying the most and least critical processes. In order to achieve this aim, the BIA model proposed by Brasiliano (2016) was used, using as a case study the dimensional parameters of the flexible tube designed by Malta (2010). The results obtained were the classification of each of the processes, regarding criticality based on values assigned to the sub-criteria (Setup, Operational, Raw Material and Environment) added to the assessment of the tolerance time for each of them, and in this way, the article achieved its stated objective.

**Keywords:** Flexible Pipe. BIA. Business Impact Analysis. Manufacturing.

<sup>1</sup> Researcher – Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio de Janeiro, Campus Engenheiro Paulo de Frontin (IFRJ) - Av. Maria Luiza, without no - Aprendizado District, Eng. Paulo de Frontin - RJ, Brazil, 26660-000

<sup>2</sup> Researcher Professor – Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio de Janeiro, Campus Engenheiro Paulo de Frontin (IFRJ) - Av. Maria Luiza, without no. – Aprendizado District, Eng. Paulo de Frontin - RJ, Brazil, 26660-000

(\*) e-mail: [marcusvinicius1994@gmail.com](mailto:marcusvinicius1994@gmail.com)

(\*\*) e-mail: [vds.menezes1@gmail.com](mailto:vds.menezes1@gmail.com)

(\*\*\*) e-mail: [daniel.borges@ifrj.edu.br](mailto:daniel.borges@ifrj.edu.br)

## 1. INTRODUÇÃO

Uma atividade importante nas organizações diz respeito ao processo de gerenciamento de riscos, que é uma série de atividades realizadas com o intuito de monitorar e analisar os riscos. Nesse sentido, estratégia e tática recebem funções diferentes: gerenciamento estratégico visa identificar os mecanismos para reduzir os riscos, enquanto o gerenciamento tático se encarrega de implementar os métodos para colocar em prática as estratégias escolhidas (MUSOSTOVA; DZOBELOVA; MARKARYAN, 2022).

Segundo Nguyen *et al.* (2021), riscos e incertezas são problemas que não podem ser desconsiderados no processo de gerenciamento de riscos. Os gerentes de projeto não devem apenas ter a capacidade de prevenir o risco, mas também de agir para corrigir os problemas caso aconteçam.

De acordo com Kassem *et al.* (2021), os projetos desenvolvidos na indústria de óleo e gás são muitas vezes afetados pela variação do preço do petróleo. A partir disso, muitas empresas adotam como objetivo otimizá-los com o intuito de mitigar os riscos envolvidos, visto que esses atuam diretamente nos custos, tempo e qualidade dos serviços. Tais fatores influenciam diretamente nas expectativas dos clientes em aspectos relacionados à produtividade, segurança e padronização.

Para Kassem *et al.* (2020), as empresas de óleo e gás precisam ter uma avaliação detalhada dos riscos para que possam atuar na preparação do orçamento e planejamento das atividades, sempre levando em consideração a classificação dos riscos que podem afetar a execução seguindo o cronograma desenvolvido inicialmente.

Um ponto de atenção levantado por Qazi e Dikmen (2021) diz respeito ao fato de que muitos ignoram a interdependência entre os riscos, assim como usar valores estimados para os dados de risco x retorno. Além disso, considera-se que os riscos mapeados numa matriz influenciam um objetivo específico e há um desafio envolvendo em agregar o impacto dos mesmos junto aos objetivos do projeto. Kassem *et al.* (2020) complementam que a vulnerabilidade é um fator significativo no ciclo de vida do projeto, o que o torna um dos maiores obstáculos e a força por trás do progresso é o gerenciamento de riscos.

Torabi *et al.* (2014) apontam que, na gestão de riscos, a retomada de um processo após a ocorrência de um evento disruptivo é essencial do ponto de vista da continuidade dos negócios. Desta maneira, a Análise de Impacto no Negócio (*Business Impact Analysis*, ou, BIA) é parte fundamental de um bom sistema de gestão. O trabalho dos autores propõe um estudo de caso, prático, para uma fábrica de autopeças, validando o modelo e a abordagem utilizada.

O trabalho de Komljenovic *et al.* (2016) também aborda a utilização de BIA para empresas que operam em um ambiente operacional. De acordo com os literatos, o desempenho a longo prazo das empresas pode ser comprometido uma vez que a falta de conhecimento de riscos, a partir de eventos extremos e raros, crie condições desfavoráveis comprometendo o negócio.

Aghabegloo *et al.* (2024) aplicaram a metodologia BIA, integrado à avaliação de riscos de ativos físicos, executando os métodos de forma prática na indústria de uma empresa petroquímica, a fim de ofertar um guia para estimar a probabilidade e o impacto da falha de ativos físicos.

Este artigo tem como objetivo aplicar a ferramenta de BIA com o propósito de analisar os impactos de interrupções nos processos de fabricação, utilizando como estudo de caso a fabricação de tubos flexíveis *offshore* para a produção de óleo e gás, e desta forma, identificar a criticidade dos processos perante a parada não planejada, pontuando o processo mais crítico e menos crítico.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Método PSI (*Preference selection index*)

Desenvolvido por Maniya e Bhatt (2010), o método foi inicialmente aplicado com o intuito de auxiliar na seleção de três tipos de problemas de materiais, tendo como premissa atender a todos os requisitos levados em consideração pelos engenheiros. A ferramenta visa selecionar a melhor alternativa dentre várias outras sem decidir a importância relativa entre os atributos. Nesse sentido, tem-se 6 etapas para uso da metodologia:

- 1) Seleção de alternativas, critérios de seleção e medidas a serem consideradas;
- 2) Definição da matriz de decisão com os dados pretendidos;
- 3) Normalização dos dados estabelecendo os critérios que devem ser maximizados ou minimizados de acordo com as equações 1 e 2, respectivamente:
  - $x_{ij}$ : valor do indicador  $j$  para a alternativa (ou objeto)  $i$ .
  - $x_{j\max}$ : valor máximo do indicador  $j$  entre todas as alternativas.
  - $R_{ij}$ : valor normalizado do indicador  $j$  para a alternativa  $i$ , variando entre 0 e 1.

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{j\max}} \quad (1)$$

$$R_{ij} = \frac{x_j^{\min}}{x_{ij}} \quad (2)$$

- 4) Definição do índice de preferência conforme a equação 3:

- N: número total de alternativas (ou objetos avaliados).
- $R_j$ : média dos valores normalizados do indicador j.
- $PV_j$ : medida de variação (ou dispersão) do indicador j.

$$PV_j = \sum_{i=1}^N [R_{ij} - \bar{R}_j]^2 \quad (3)$$

Onde  $\bar{R}_j$  representa o valor normalizado do atributo j e  $\bar{R}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_{ij}$

5) Obtenção do valor do desvio nas preferências estabelecido pela equação 4. Com isso, deve-se obter o valor de preferência geral ( $\psi_j$ ) para cada atributo de acordo com a equação 5:

- $\Phi_j$ : utilidade relativa do indicador j.
- Quanto menor a variância ( $PV_j$ ), maior o peso atribuído ao indicador.
- M: número total de indicadores.
- $\Psi_j$ : peso relativo do indicador j, normalizado de modo que a soma de todos os pesos seja igual a 1.

$$\Phi_j = 1 - PV_j \quad (4)$$

$$\Psi_j = \frac{\Phi_j}{\sum_{j=1}^M \Phi_j} \quad (5)$$

6) Obtenção do índice de preferência dado pela equação 6:

- $I_i$ : índice agregado da alternativa i, resultado da soma ponderada dos indicadores.
- $R_{ij}$ : valor normalizado da alternativa i no indicador j.
- $\Psi_j$ : peso do indicador j.

$$I_i = \sum_{j=1}^M (R_{ij} \times \Psi_j) \quad (6)$$

O surgimento do método permitiu que vários autores pudessem aplicá-lo em diversos ramos de atuação, como Zhang *et al.* (2022) que avaliaram sistemas de informação sustentável, Demir (2022) que mediu e avaliou indicadores de desempenho na Turquia e Raj *et al.* (2023) que analisaram os benefícios da adoção do Chat GPT pelas empresas.

## 2.2. BIA (*Business Impact Analysis*)

O *Business Impact Analysis* (BIA) é uma ferramenta de análise para compreender quais processos de um determinado negócio são vitais para suas operações contínuas, bem como mensurar o impacto da interrupção desses processos. (SNEDAKER, 2013)

Através da execução da ferramenta, é possível identificar qual processo/atividade/área pode ser considerada como crítica ou estratégica para o negócio, sendo fundamental para elaboração de um plano de priorização para iniciar a gestão de riscos. (BRASILIANO, 2016)

Apesar da ferramenta ter vindo da área de tecnologia da informação (TI), sua aplicação pode ser ampla e aplicada a qualquer processo que sofra com a alteração na entrega do produto a partir de interrupção não planejada, tal como, na indústria em processos de fabricação. (BRASILIANO, 2016; ISO/TS 22317, 2021; TORABI *et al.*, 2014)

As organizações devem revisar e executar o processo BIA periodicamente (por exemplo, anualmente), ou, sempre que houver mudanças significativas dentro da estruturação da organização. (ISO/TS 22317, 2021)

## 2.3. Tubos Flexíveis

Os tubos flexíveis, são equipamentos submarinos, empregados para o transporte de fluidos durante o processo da produção de óleo e gás, e/ou, instrumentação de sistemas interligados em plataformas marítimas (WITZ, 1996). O país que mais instala tubos flexíveis, para a exploração *offshore*, é o Brasil, e isso devido à facilidade de instalação, somada às condições mecânicas nelas empregadas que garantem manutenção quase zero durante décadas de produção (LACERDA; SILVA, 2018). Sua estrutura é tubular e complexa, composta por diferentes camadas que utilizam armaduras metálicas helicoidais, somada a fitas e capas poliméricas, fornecendo específicas características para o equipamento (SILVA; SILVA, 2018; WITZ, 1996). Na Figura 1 é possível ver um típico modelo de construção de um tubo flexível.

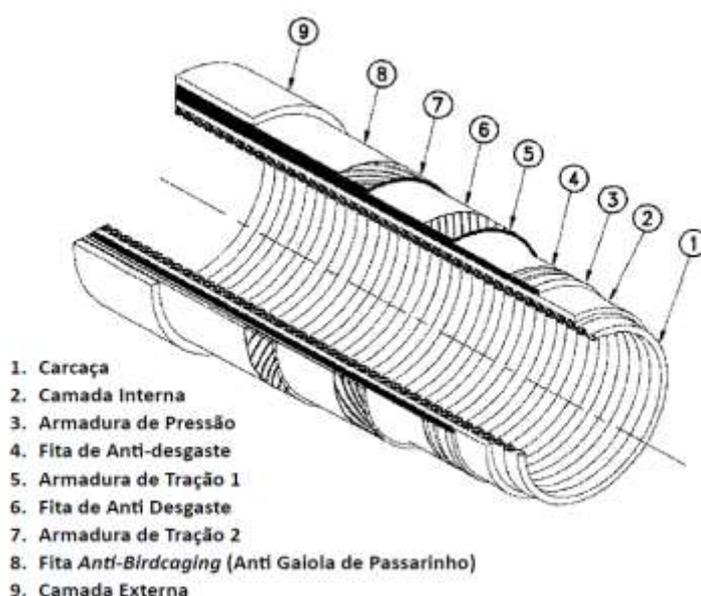


Figura 1: Seção transversal de um típico tubo flexível (Fonte: Adaptado de Zhang *et al.*, 2003)

Apesar de na Figura 1 ser possível identificar nove camadas compondo um típico tubo flexível, destacam-se, de acordo com Bai e Bai (2005), a carcaça, a camada interna, a armadura de pressão, as armaduras de tração e a camada externa como principais setores de processos de fabricação, sendo as demais fitas complementos que estariam integradas à esses setores.

Através das obras de Bai e Bai (2005) e Machado (2018) é possível fornecer, respectivamente, a função e o método de fabricação das camadas principais que compõem o duto, apresentados através da Tabela 1.

Tabela 1: Funções e métodos de fabricação das camadas que compõem o tubo flexível (Adaptado de Bai e Bai, 2005; e, Machado, 2018).

Camada	Função	Método de Fabricação
Carcaça	É a camada mais interna da tubulação. Podendo ser fabricada em aço inoxidável duplex, a escolha da matéria prima desta camada depende das características do fluido que estaria sendo transportado internamente. A principal função da carcaça é evitar o colapso da tubulação devido à pressão hidrostática ou acúmulo de gases provenientes da produção no anular.	Enrolamento Helicoidal
Camada Interna Polimérica	A camada interna fornece uma barreira para manter a integridade e estanqueidade do fluido transportado internamente. O seu dimensionamento também leva em consideração propriedades de temperatura do fluido. Geralmente é fabricado utilizando os materiais poliméricos Poliamida-11 (PA11), <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE), <i>Cross-Linked Polyethylene</i> (XLPE) e PVDF.	Extrusão
Armadura de Pressão	A função da armadura de pressão é suportar a tensão circular na parede do tubo causada pela pressão do fluido interno transportado. Sua construção é pelo enrolamento de fios, que se interligam, e o material desses é normalmente aço carbono de alta resistência. A seleção destes fios normalmente depende da qualificação da aplicação da tubulação, variado pelas condições de pressão de produção, podendo ser classificados <i>Sweet</i> ou <i>Sour</i> .	Enrolamento Helicoidal
Armadura de Tração	Assim como a armadura de pressão, sua construção é feita por arames de aço carbono, que também podem ser classificados quanto à aplicação do serviço, como <i>Sweet</i> ou <i>Sour</i> . O enrolamento destes é sempre feito em pares, compondo duas camadas de armaduras, enroladas em sentidos opostos, posicionadas em angulações entre 33° a 55°. Sua função é fornecer ao	Enrolamento Helicoidal

tubo resistência a cargas axiais de tração.

Camada Externa Polimérica

A camada externa pode ser construída utilizando as mesmas matérias primas utilizadas no processo de fabricação da camada interna. Sua principal função é fornecer proteção às armaduras para não terem contato com a água do mar, além de proteger contra choques e impactos de outros objetos que colidiriam com a duto durante a instalação e operação do equipamento.

Extrusão

### 3. METODOLOGIA

O presente artigo utilizou, como metodologia, a ferramenta BIA para identificação e definição de processos e áreas críticas, a partir do modelo proposto por Brasiliano (2016). Desta forma, é apresentada na Tabela 2, onde os processos descritos são referentes à fabricação de cada camada que compõe o tubo flexível, adicionada à colunas relacionadas aos subcritérios (Setup, Operacional, Matéria Prima, Meio Ambiente) que influenciam na relevância do impacto.

Tabela 2: Processos e Subcritérios para identificação do processo crítico.

Processos	Relevância do Impacto							Tolerância de Tempo	Status	
	Setup (Preparação para reinício)	Operacional (Impacto no planejamento dos processos sucessores)	Matéria Prima Estoque (Financeiro)	Matéria Prima Desperdiçada (Financeiro)	Meio Ambiente	Nota	Média Ponderada do Impacto			Nível do Impacto
Carga										
Camada Interna										
Armadura de Pressão										
Armadura de Tração										
Camada Externa										

Através dos valores atribuídos para cada um dos subcritérios nos processos de fabricação, foi possível calcular a nota, e classificar os processos quanto ao nível de impacto. Esta categorização é possível ser estabelecida através da equação 7, proposta por Brasiliano (2016).

$$\begin{aligned}
 & \text{Nível de Impacto} && (7) \\
 & = \frac{\sum \text{Subcritérios}}{11(\sum \text{Pesos})}
 \end{aligned}$$

A classificação para o nível de impacto se dá de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3: Classificação quanto ao Nível de Impacto (Fonte: Brasiliano, 2016)

Grau de Impacto	Escala	Nível de Impacto
4,51 – 5,00	5	Massivo
3,51 – 4,50	4	Severo
2,51 – 3,50	3	Moderado
1,51 – 2,50	2	Leve
1,00 – 1,50	1	Muito leve

O estabelecimento dos pesos para os subcritérios, utiliza o método PSI, de acordo com a pontuação estabelecida em cada um dos processos. A atribuição de valores para os subcritérios segue conforme a Tabela 4, e, a avaliação da tolerância do tempo de interrupção segue de acordo com a Tabela 5.

Tabela 4: Pontuação dos Subcritérios.

Pontuação	Setup (Preparação para reinício)	Operacional (Impacto no planejamento dos processos sucessores)	Matéria Prima (Estoque)	Matéria Prima (Desperdiçada)	Meio Ambiente
5	Massivo: Processo ininterrupto (não há como reproveitar a produção se for parada)	Massivo: Impacta 4 processos sucessores	Massivo: Acima de R\$150K	Massivo: Processo ininterrupto (não há como reproveitar a produção se for parada)	Massivo: O reinício do processo de fabricação emite poluente muito tóxico
4	-	Severo: Impacta 3 processos sucessores	Critica: de R\$100K a R\$ 150K	-	-
3	-	Moderado: Impacta 2 processos sucessores	Critica: de R\$80K a R\$ 100K	-	Moderado: O reinício do processo de fabricação emite poluente pouco ou não tóxico
2	-	Leve: Impacta 1 processo sucessor	Moderada: de R\$50K a R\$ 80K	-	-
1	Insignificante: Processo pode ser interrompido sem comprometer a produção ou a continuidade da fabricação do tubo	Insignificante: Não há processo sucessor impactado	Leve: Até R\$50K	Insignificante: Processo pode ser interrompido sem comprometer a produção ou a continuidade da fabricação do tubo	Insignificante: O reinício do processo de fabricação não emite poluente algum

Tabela 5: Avaliação do tempo de tolerância (Fonte: Brasileiro, 2016)

Tempo em horas	Pontuação
até 4 horas	6
Até 1 Dia – 24 horas	5
Até 2 Dias – 48 horas	4
Até 5 Dias – 120 horas	3
Até 10 Dias – 240 horas	2
Mais de 10 Dias – mais de 240 horas	1

A estimativa do tempo de interrupção foi dividida em duas variáveis: RTO (*Recovery Time Objective*, ou nesse caso, o tempo de reparo/*setup* para a máquina voltar), e, WRT (*Work Recovery Time*, considerando neste artigo o peso do impacto nos processos sucessores). O somatório das duas variáveis fornece o total tempo de parada tolerável, ou, MTD (*Maximum Tolerable Downtime*), conforme descrito na equação 8.

$$MTD = RTO + WRT \quad (8)$$

Como estudo de caso, foi utilizado um projeto de fabricação de um riser flexível, disponível na literatura através do trabalho de Malta (2010), para listar os parâmetros dimensionais do tubo. As cotações das matérias primas foram através de pesquisas na internet, em sites de fornecedores e lojas virtuais. Entende-se que para questões de qualificações e aplicação, esta prática não é a adotada pelas empresas fabricantes do equipamento submarino, entretanto, para fins acadêmicos, a estratégia de pesquisa se dá de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6: Sites / Fornecedores consultados

Processo	Matéria Prima	Site / Fornecedor consultado
Carcaça	Aço inox 316L	<a href="https://www.sanghvienterprise.com/">https://www.sanghvienterprise.com/</a>
Camada Interna	HDPE	<a href="https://www.alibaba.com/">https://www.alibaba.com/</a>
Armadura de Pressão	Aço de alto carbono	<a href="https://www.indiamart.com/">https://www.indiamart.com/</a>
Armadura de Tração		
Camada Externa	PA12	<a href="https://www.alibaba.com/">https://www.alibaba.com/</a>

Os valores foram consultados considerando a cotação da moeda Real (R\$), comparado à outras moedas, no dia 30 de Junho de 2024. Desta forma, ao replicar a metodologia no futuro, pode haver divergências em relação aos preços considerados neste trabalho.

#### 4. RESULTADOS

De acordo com os parâmetros dimensionais estabelecidos por Malta (2010) (diâmetro interno, diâmetro externo e densidade), e o preço encontrado através da estratégia de busca descrito na Tabela 6 (preço/Kg), foi elaborada a Tabela 7, onde o volume é calculado pela equação 9, a massa (por metro) pela equação 10, e o valor (por metro) pela equação 11.

$$Volume = \pi \cdot (D_{externo}^2 - d_{interno}^2) / 4 \quad (9)$$

$$massa/metro = (densidade) \cdot (Volume) \quad (10)$$

$$valor/metro = (massa/metro) \cdot (preço/kg) \quad (11)$$

Tabela 7: Valor (por metro) das matérias primas aplicadas nos processos de fabricação.

Camada	Material	Preço/Kg (R\$)	Dia. Interno (m)	Dia Externo (m)	Volume/m (m <sup>3</sup> )	Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	Massa/m (Kg)	Valor/m (R\$)
Carcça	Aço Inox 316L	16.77	1.524	1.824	0.788853915	7990	6302.942784	105700.35
Camada Interna	HDPE	8.95	1.824	2.384	1.850775064	1020	1887.790566	16895.73
Armadura de Pressão	Aço de alto carbono	6.04	1.964	2.384	1.43426271	7850	11258.96228	68004.13
Armadura de Tração 1	Aço de alto carbono	6.04	2.384	2.4674	0.317777406	7850	2494.552639	15067.10
Armadura de Tração 2	Aço de alto carbono	6.04	2.4674	2.5474	0.315089177	7850	2473.450038	14939.64
Camada Externa	PA12	8.73	2.5474	2.6674	0.491483321	952.5	468.1378634	4086.84

A atribuição dos pesos, para cada um dos subcritérios, foi composto de acordo com o método PSI, apresentado na Tabela 8, onde a soma dos pesos atribuídos devem ser totalizados em 11, conforme destacado na equação 7, anteriormente citada.

Tabela 8: Atribuição dos pesos para os subcritérios pelo Método PSI

Subcritério	PSI	Pesos	Pesos Arredondados
Setup	0.1228	1.35	1
Operacional	0.3066	3.37	4
Matéria Prima Estoque	0.2647	2.91	3
Matéria Prima Desperdiçada	0.1228	1.35	1
Meio Ambiente	0.1831	2.01	2
Total		11	11

O RTO e WRT não foram estimados utilizando banco de dados de alguma empresa, entretanto, foram arbitrados de acordo com a experiência de especialistas em processo de fabricação de tubos flexíveis. O RTO levou em consideração o subcritério “Setup” (onde o reinício de um processo de enrolamento helicoidal levaria até 1 hora, e, de extrusão até 12 horas) e o WRT o subcritério “Operacional” (onde o tempo seria cada vez mais apertado para processos com vários sucessores, tendo como constante 12 horas entre eles), de acordo como é apresentado na Tabela 9. O cálculo do MTD é apresentado pela Tabela 10.

Tabela 9: RTO e WRT

Processos	Setup (Preparação para reinício)	Operacional (Impacto no planejamento dos processos sucessores)
Carcaça	1 (0-1h)	5 (12h)
Camada Interna	5 (8-12h)	4 (24h)
Armadura de Pressão	1 (0-1h)	3 (36h)
Armadura de Tração	1 (0-1h)	2 (48h)
Camada Externa	5 (8-12h)	1 (60h)

Tabela 10: Cálculo do MTD

Processos	Recovery Time Objective (RTO)	Work Recovery Time (WRT)	Maximum Tolerable Downtime (MTD = RTO+WRT)	Tolerância do tempo
Carcaça	1	12	13	5
Camada Interna	12	24	36	4
Armadura de Pressão	1	36	37	4
Armadura de Tração	1	48	49	3
Camada Externa	12	60	72	2

Por conseguinte, a Tabela 2 foi preenchida, dando origem à Tabela 11, e gerando o diagrama representado pela Figura 2.

Tabela 11: Processos e Subcritérios para identificação do processo crítico.

Processos	Relevância do Impacto							Tolerância de Tempo	Status	
	Setup (Preparação para reinício)	Operacional (Impacto no planejamento dos processos sucessores)	Matéria Prima Estoque (Financeiro)	Matéria Prima Desperdiçada (Financeiro)	Meio Ambiente	Nota	Média Ponderada do Impacto	Nível do Impacto	Nível de Tolerância	Crítico / Moderado / Leve
	1	4	3	1	2	11				
Carcaça	1	5	4	1	1	24	2.18	Leve	5	Leve
Camada Interna	5	4	1	5	3	32	2.91	Moderado	4	Moderado
Armadura de Pressão	1	3	2	1	1	16	1.45	Muito Leve	4	Leve
Armadura de Tração	1	2	1	1	1	12	1.09	Muito Leve	3	Muito leve
Camada Externa	5	1	1	5	5	24	2.18	Muito Leve	2	Leve

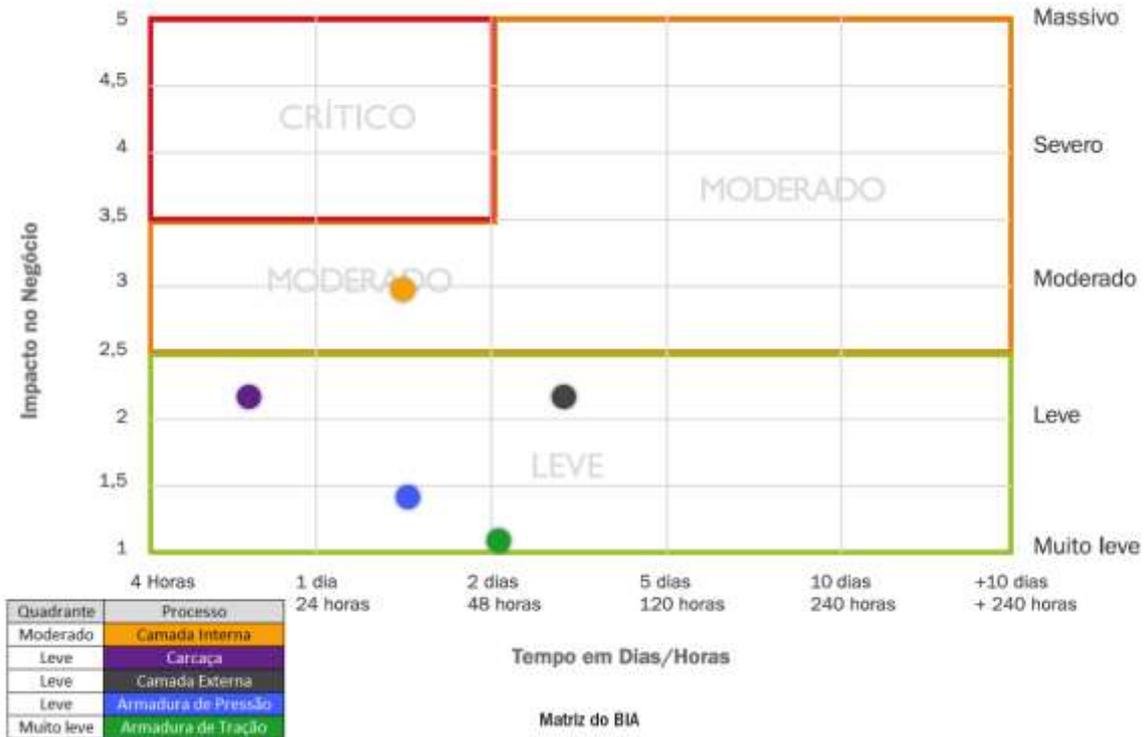


Figura 2: Matriz BIA

#### 4. DISCUSSÃO

Através da Matriz BIA, é destacado que quatro processos estão presentes no quadrante “Leve”, e um processo no quadrante “Moderado”.

O processo mais crítico, relacionando com os demais, é o da Camada Interna, pois além de ser um processo onde o *setup* é mais complexo (uma vez que a extrusão sofre uma parada indesejada, não existe a possibilidade de reaproveitar a produção já feita, tendo que reiniciar do zero) o preço para a matéria prima é o segundo mais elevado comparado ao restante, e além disso, é um processo com três outros sucessores.

Por outro lado, a fabricação da Armadura de Tração é o mais seguro, do ponto de vista de interrupções indesejadas. Este é um processo de *setup* simples (o reinício é rápido e não sofre com a perda da produção que foi realizada), o valor da matéria prima é o mais barato comparado aos demais, e este é um processo com apenas um outro sucessor.

#### 5. CONCLUSÕES

A proposta do presente trabalho foi aplicar a ferramenta de *Business Impact Analysis* a fim de identificar a criticidade dos processos de fabricação de um tubo flexível perante à parada não planejada, destacando os processos mais, e, menos críticos.

Este artigo cumpriu com o objetivo, e assim como os autores Torabi *et al.* (2014), Komljenovic *et al.* (2016) e Aghabegloo *et al.* (2024), obteve êxito aplicando o processo de

BIA, no contexto industrial e de fabricação, como uma etapa ao gerenciamento de riscos.

Recomenda-se a outros pesquisadores que desejarem se embasar neste trabalho, que considerem a montagem dos conectores e outros acessórios que são instalados aos tubos flexíveis como processos sucessores aos processos de fabricação, e desta maneira, ter uma análise do risco a partir de interrupções indesejadas mais completa.

## REFERÊNCIAS

A. KASSEM, M.; AZRY KHOIRY, M.; HAMZAH, N. Using Relative Importance Index Method for Developing Risk Map in Oil and Gas Construction Projects. **Jurnal Kejuruteraan**, v. 32, n. 3, p. 441–453, 30 ago. 2020.

A KASSEM, M.; KHOIRY, M. A.; HAMZAH, N. Theoretical review on critical risk factors in oil and gas construction projects in Yemen. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 28, n. 4, p. 934–968, 28 abr. 2021.

AGHABEGLOO, M. et al. Integrating business impact analysis and risk assessment for physical asset criticality analysis: A framework for sustainable operations in process industries. **Expert Systems with Applications**, v. 241, p. 122737, maio 2024.

BAI, Y.; BAI, Q. (EDS.). **Subsea Pipelines and Risers**. Illustrated edição ed. Amsterdam San Diego: Elsevier Science & Technology, 2005.

BRASILIANO, A. C. R. **Inteligência em Riscos Gestão Integrada em Riscos Corporativos**. [s.l.] Sicurezza Gestão de Riscos Corporativos, Editora e Distribuidora Ltda, 2016. v. 1

DEMİR, G. Hayat Dışı Sigorta Sektöründe Kurumsal Performansın PSI-SD Tabanlı MABAC Metodu İle Ölçülmesi: Anadolu Sigorta Örneği. **Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi**, v. 7, n. 1, p. 112–136, 31 mar. 2022.

ISO/TS 22317. **Security and Resilience — Business Continuity Management Systems — Guidelines for Business Impact Analysis**. , 16 nov. 2021. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/79000.html>>. Acesso em: 8 ago. 2024

KOMLJENOVIC, D. et al. Risks of extreme and rare events in Asset Management. **Safety Science**, v. 88, p. 129–145, out. 2016.

LACERDA, I. J. M.; SILVA, S. E. T. P. D. ANÁLISE DE TENSÕES DINÂMICAS E ESTÁTICAS ATUANTES NOS RISERS COM CATENÁRIA ATRAVÉS DE MÉTODOS POR ELEMENTOS FINITOS. **Exatas & Engenharias**, v. 8, n. 22, 14 nov. 2018.

MACHADO, F. P. B. **Formulações de Programação Inteira Para Problemas de Escalonamento da Produção**. Dissertação de Mestrado—[s.l: s.n.].

MALTA, E. R. **Projeto de um Riser Flexível Para Águas Ultraprofundas**. São Paulo: Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010.

MANIYA, K.; BHATT, M. G. A selection of material using a novel type decision-making method: Preference selection index method. **Materials & Design**, v. 31, n. 4, p. 1785–1789, abr. 2010.

MUSOSTOVA, D.; DZOBELOVA, V.; MARKARYAN, V. PROJECT RISK MANAGEMENT. v. 17, 2022.

NGUYEN, P. T. et al. Exploring Critical Risk Factors of Office Building Projects. **The Journal of Asian Finance, Economics and Business**, v. 8, n. 2, p. 309–315, Fevereiro 2021.

QAZI, A.; DIKMEN, I. From Risk Matrices to Risk Networks in Construction Projects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 68, n. 5, p. 1449–1460, out. 2021.

RAJ, R. et al. Analyzing the potential benefits and use cases of ChatGPT as a tool for improving the efficiency and effectiveness of business operations. **BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations**, v. 3, n. 3, p. 100140, set. 2023.

SILVA, P. B. C.; SILVA, G. B. S. ANÁLISE DA CORROSÃO E PROPRIEDADES MECÂNICAS NA ARMADURA DE TRAÇÃO DE DUTOS FLEXÍVEIS UTILIZADOS NA INDÚSTRIA PETROLÍFERA. **Exatas & Engenharias**, v. 8, n. 22, 14 nov. 2018.

SNEDAKER, S. **Business Continuity and Disaster Recovery Planning for IT Professionals**. [s.l.: s.n.].

TORABI, S. A.; REZAEI SOUFI, H.; SAHEBJAMNIA, N. A new framework for business impact analysis in business continuity management (with a case study). **Safety Science**, v. 68, p. 309–323, out. 2014.

WITZ, J. A. A case study in the cross-section analysis of flexible risers. **Marine Structures**, v. 9, n. 9, p. 885–904, 1 nov. 1996.

ZHANG, X. et al. The anti-fatigue lightweight design of heavy tractor frame based on a modified decision method. **Structural and Multidisciplinary Optimization**, v. 65, n. 10, p. 280, out. 2022.

ZHANG, Y. et al. **State of the Art Analytical Tools Improve Optimization of Unbonded Flexible Pipes for Deepwater Environments**. 2003. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.4043/15169-MS>>. Acesso em: 8 ago. 2024