

Análise de viabilidade econômico-financeira da criação de stream de dados para um centro de controle de usinas

Luan Cizeski de Lorenzi (UTFPR - PB) - luan.c.d.l02@gmail.com

José Donizetti de Lima (UTFPR) - donizetti@utfpr.edu.br

Resumo:

A transmissão contínua de dados em tempo real (streaming de dados) configura-se como um elemento essencial para a geração de alertas e relatórios em ambientes industriais digitalizados. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma análise de viabilidade econômica e financeira para a implementação de um sistema de transmissão de dados em um centro de controle de usina hidrelétrica. Para tanto, foram utilizados dados estimados de custos e receitas, aplicando-se a Metodologia Multi Índice Ampliada (MMIA) e, quando necessário, a Simulação de Monte Carlo (SMC). Os resultados evidenciam que a adoção de fluxos contínuos de dados representa um fator estratégico na transformação digital, em consonância com as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. A análise indicou a viabilidade econômica do projeto, com período de retorno inferior a um ano e baixos níveis de risco e sensibilidade, o que respalda sua implementação. O estudo contribui para o avanço da adoção de soluções inteligentes no setor energético.

Palavras-chave: *Análise de Viabilidade Econômica; Metodologia Multi Índice Ampliada; Transmissão Contínua de Dados; Centro de Controle de Usina Hidrelétrica.*

Área temática: *Tecnologia e gestão de custos*

Análise de viabilidade econômico-financeira da criação de *stream* de dados para um centro de controle de usinas

RESUMO

A transmissão contínua de dados em tempo real (streaming de dados) configura-se como um elemento essencial para a geração de alertas e relatórios em ambientes industriais digitalizados. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma análise de viabilidade econômica e financeira para a implementação de um sistema de transmissão de dados em um centro de controle de usina hidrelétrica. Para tanto, foram utilizados dados estimados de custos e receitas, aplicando-se a Metodologia Multi Índice Ampliada (MMIA) e, quando necessário, a Simulação de Monte Carlo (SMC). Os resultados evidenciam que a adoção de fluxos contínuos de dados representa um fator estratégico na transformação digital, em consonância com as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. A análise indicou a viabilidade econômica do projeto, com período de retorno inferior a um ano e baixos níveis de risco e sensibilidade, o que respalda sua implementação. O estudo contribui para o avanço da adoção de soluções inteligentes no setor energético.

Palavras-chave: Análise de Viabilidade Econômica; Metodologia Multi Índice Ampliada; Transmissão Contínua de Dados; Centro de Controle de Usina Hidrelétrica.

Área Temática: Tecnologia e transformação digital na gestão de custos.

1 INTRODUÇÃO

O setor industrial vem se transformando e melhorando continuamente o controle de processos, a comunicação digital e a própria inteligência artificial. A melhoria contínua no controle de processos, na comunicação digital e no uso da inteligência artificial tem influenciado a forma como as indústrias operam, gerenciam informações e tomam decisões estratégicas. Nota-se que a tecnologia da informação vem trazendo perspectivas novas a realidade mundial. Ao longo das últimas décadas, a automação industrial evoluiu expressivamente, impulsionada por avanços tecnológicos e conceituais em diversas áreas do conhecimento. Essa evolução pode ser entendida como um processo histórico e técnico contínuo, iniciado por volta da década de 1950, com ênfase em instrumentação, controle de processos e aquisição de dados. Nessa fase inicial, predominavam os mecanismos automáticos fixos, como as "*transfer lines*", e os fundamentos da teoria clássica de controle e da teoria da informação (COHN & GOMIDE, 1989).

Com o passar do tempo, surgiram os primeiros sistemas de controle numérico, aplicados principalmente em máquinas-ferramentas, além do desenvolvimento da cibernética, que contribuiu com modelos de retroalimentação e autorregulação. Esses avanços abriram caminho para o controle digital direto e, posteriormente, para o controle de processos por computador, que marcaram a transição da automação mecânica para uma automação mais inteligente e conectada (SENAI-SP, 2018).

Na década de 1970, o foco se voltou para a automação baseada em sistemas hierárquicos on-line, apoiados por microprocessadores e sistemas flexíveis de fabricação. Ao mesmo tempo, surgiam novas metodologias, teorias e conceitos

abstratos que fundamentaram o desenvolvimento da chamada “teoria moderna de controle”. Durante os anos 1980, a automação passou a incorporar redes de computadores, instrumentação baseada em microprocessadores e robôs, ampliando a capacidade de controle e integração entre sistemas. Tecnologias emergentes, como a comunicação por fibra óptica e sistemas baseados em conhecimento, começaram a transformar radicalmente o ambiente industrial (BARR & FEIGENBAUM, 1981; OGATA, 2010)

Essa trajetória culminou na concepção da automação industrial integrada e inteligente, sustentada por avanços em inteligência artificial, processamento paralelo, sistemas de computação avançados, microeletrônica e bioeletrônica. Esses recursos permitem que os sistemas industriais modernos não apenas executem tarefas automatizadas, mas também aprendam, tomem decisões e se adaptem de forma autônoma. Paralelamente a esses desenvolvimentos técnicos, o campo da Engenharia do Conhecimento se consolidou como uma base teórica para a construção de sistemas inteligentes, permitindo o uso sistemático de heurísticas, abstrações e estruturas conceituais voltadas à automação de alto nível (ISERMANN, 2005).

No início dos anos 1990, o processo estratégico de abertura econômica brasileira causou o efeito de concorrência internacional, que se estabeleceu de fato em 1992, com o fim da reserva de mercado. Essa situação modificou o segmento industrial, alavancando o crescimento das importações do segmento de automação industrial (BASTOS, 1998).

Nessa constante evolução, sistemas de supervisão da informação foram criados para redução de custos com o hardware, sendo que o primeiro deles ficou conhecido como SCADA (Supervisory Control and Data Aquisition), posteriormente chamados simplesmente supervisórios. Nesse mercado, a Secretaria Especial de Informática (SEI), órgão complementar do Conselho de Segurança Nacional brasileiro, com a finalidade de assessorar na formulação da Política Nacional de Informática (Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, 2024) na época da popularização desses equipamentos limitou suas importações, causando um considerável atraso tecnológico no Brasil (ZAMPRONHA, 2008).

No setor de geração, transmissão e distribuição, baseado na gestão completa do ciclo de vida dos ativos, há o uso de técnicas de gerenciamento de ativos oriundas do mercado financeiro. Essa tomada de decisão permite o máximo de utilização do ciclo de vidas de ativos, de acordo com os interesses dos acionistas (COSTA et al., 2016).

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) mantém dados de operações dos reservatórios de todo o país através do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR), que se subdivide em três subsistemas: Sistema Interligado Nacional, Nordeste e Semiárido, e por último Outros Sistemas Hídricos (ANA, 2023).

Focando no Sistema Interligado Nacional (SIN) um sistema hidrotérmico de grande porte para produção e transmissão de energia elétrica, que atualmente controla 17 Bacias Hidrográficas Brasileiras. Essa operação envolve modelos complexos de simulações sob controle e coordenação do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), e sendo fiscalizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o sistema controla dados operativos de 162 infraestruturas para geração de energia, inclusive com dados de vazão turbinada e liberada e volume útil armazenado (ANA, 2023).

O volume de transferência de dados e a sua atualização em tempo real é uma necessidade inerente aos operadores de energia, não sendo diferente para as

necessidades de um centro de controle de usinas, que precisa utilizar o fluxo de informações para um número crescente de usuários.

A indústria 4.0 baseia-se no fluxo de informação e comunicação integrando tecnologias para alcançar nossos patamares de gestão, qualidade, gerenciamento e flexibilidade (SACOMANO et al., 2018). Nesse sentido, trabalhar sobre a necessidade de aquisição de informações é uma oportunidade de acesso as tecnologias habilitadoras necessárias para alcançar o objetivo.

Assim, analisar a viabilidade econômico-financeira de aplicar fluxos contínuos de dados — como os streams — em ambientes industriais, como centros de controle de usinas, representa uma oportunidade concreta de integrar inteligência e desempenho à operação, acompanhando a crescente demanda por escalabilidade e precisão nos processos de tomada de decisão. Esse artigo será dividido em cinco seções distintas, a Introdução (esta), a seção de Referenciais teóricos, seguidas pela seção de Metodologia, os Resultados e Discussões e finalizando com a seção de Considerações Finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A cobrança pela eficiência operacional e pela otimização de recursos no setor energético tem aumentado devido à crescente demanda, impulsionando a adoção de melhores tecnologias de processamento e análise de dados em tempo real. Assim, a necessidade de realizar a programação de um stream de dados pode ser uma solução adequada no monitoramento e controle de usinas, realizando a coleta, o processamento e a análise contínua de informações (HAMIDI; LI; MALEKI, 2020).

2.1 Centralização operacional e informação em tempo real como pilares da Indústria 4.0

A necessidade de informação rápida, clara e confiável na tomada de decisão no ambiente industrial traz a necessidade de implementar uma maneira que transmita esse fluxo de informação continuamente. A agilidade na tomada de decisão define a vanguarda da tecnologia e o aprendizado contínuo através da modificação de produtos e linha de produtos (EVANS e CAMPBELL, 2003).

Depois do surgimento da expressão indústria 4.0, na feira de Hannover/Alemanha, várias ideias, modelos e tecnologias foram criadas, aprimoradas e redesenhadas. Neste contexto, destaca-se a evolução da simulação computacional e da Big Data (ODWAZNY et al., 2019). Por definição, o recurso de Big Data tem uma das interpretações como sendo a capacidade de extrair um grande volume de dados de pessoas ou de empresas, e trabalhar esses dados com velocidade, variedade, volume, valor e veracidade (WANG et al., 2016; AMARO e DROZDA, 2019).

Os desafios identificados estão diretamente relacionados à tecnologia adotada, que, apesar de já ser consolidada, ainda exige atenção quanto à segurança da informação. No contexto de atuação em tempo real, os sistemas de Big Data que utilizam a tecnologia de stream computing demandam ajustes contínuos, a fim de garantir que os processos sejam automaticamente adaptados às condições em constante mudança (TAURION, 2013).

Com a coleta dos dados realizada, torna-se fundamental seu tratamento e análise em tempo real, de modo a transformar informações brutas em insights que apoiem a tomada de decisão ágil e assertiva. Para isso, diversas ferramentas e plataformas de análise podem ser empregadas, desde soluções de Business Intelligence com suporte a fluxos contínuos de dados (streaming) até arquiteturas mais

robustas baseadas em ambientes de Big Data. Esses sistemas permitem monitorar processos, prever falhas, otimizar operações e gerar relatórios dinâmicos, atendendo às demandas dos ambientes industriais cada vez mais digitalizados e interconectados (REIS, 2024).

Souza (2021) destaca as principais tecnologias da Indústria 4.0, separadas em nove pilares tecnológicos, o Big Data, permite a coleta e análise massiva de dados para apoiar decisões estratégicas, enquanto a Internet das Coisas e Serviços (IoT/loS) conecta dispositivos e sistemas em tempo real. A Simulação possibilita testar digitalmente processos e produtos por meio de gêmeos digitais (*digital twins*), e os Robôs Autônomos executam tarefas com independência e adaptação ao ambiente. Na Realidade Aumentada, há a ampliação da interação humana com dados sobrepostos ao mundo físico, e a Integração dos Sistemas garante a conectividade entre todos os níveis da organização. Os Sistemas Ciberfísicos (*Cyber-Physical Systems*) unem sensores, atuadores e *softwares* para monitorar e controlar processos com autonomia. A Manufatura Aditiva, como a impressão 3D, possibilita produções customizadas com menos desperdício, enquanto a Computação em Nuvem fornece a infraestrutura para armazenar e acessar dados remotamente com flexibilidade e escalabilidade.

A operação de uma usina de geração de energia é um processo que demanda uma total atenção por parte do operador na atribuição das suas funções técnicas e de alto nível de periculosidade. A implantação de um Centro de Operações possibilitaria a operacionalização de um modelo centralizado de todas as usinas, com uma expressiva redução de custos com equipe local (BORGES, 2007).

2.2 Análise de viabilidade econômica de projetos de investimento em softwares

As formas de realização de uma análise de viabilidade econômico-financeira de um Projeto de Investimento (PI) em ativos reais são variadas. Três metodologias são comumente utilizadas (NOGAS et al., 2011), a saber: (i) Metodologia Clássica (MC), a qual reduz o risco a diferença entre o preço de compra e de venda de um ativo (*spread*), vinculado a taxa de desconto do fluxo de caixa; (ii) Teoria das Opções Reais (TOR), a qual inclui sobre a MC opções típicas de alguns tipos de investimentos como expandir, postergar e/ou descontinuar o aporte financeiro; e (iii) Metodologia Multi-índice (MMI), que agrega a análise do PI a validação do Retorno Adicional decorrente do Investimento (ROIA) com objetivo de suprir o risco envolvido no PI (SOUZA E CLEMENTE, 2008).

Continuando o desenvolvimento das metodologias, há uma expansão da metodologia criada por Souza e Clemente (2008), intitulada Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA), que desenvolve a dimensão intitulada “sensibilidade”, que traz à tona o risco sobre a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), Custos e Receitas trabalhando em conjunto os Limites de Elasticidade (LEs) e Valores-Limite (VLs) (LIMA et al., 2015).

A TMA é um dos principais parâmetros utilizados na avaliação de PIs, servindo como referência para determinar se um projeto é financeiramente viável, representando a taxa de retorno mínima esperada pelos investidores, levando em consideração o custo de oportunidade do capital, os riscos associados ao projeto e as alternativas de investimento disponíveis no mercado (GARRAN, 2018). No contexto da MC, a TMA é aplicada diretamente como taxa de desconto no fluxo de caixa projetado, sendo determinante na apuração dos indicadores de viabilidade, como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback descontado

(SALDANHA, 2018).

Os Custos são as despesas ou gastos diretos, relacionados a produção de um bem ou serviço que faz parte da produção estratégica da empresa. O custo é considerado um investimento se esse dispêndio gerar aumento da produtividade (SEBRAE, 2023). Nas receitas (vendas) é necessário a distinção dos produtos a ser produzidos, sua quantidade e o preço projetado (PIEADADE FILHO, 2004).

Na presença da dimensão denominada “sensibilidade” com status considerado médio ou alto (acima de 33,33%) é recomendável a utilização da Simulação de Monte Carlo (SMC). Para aplicar a SMC é necessário a geração de números pseudoaleatórios para incluir valores a cada uma das condições do sistema a ser investigado (LUSTOSA et al., 2004). A SMC, ainda, pode ser aplicada quando se tem incertezas e riscos na tomada de decisão, ou seja, quando o PI tem situações em que o comportamento dos elementos não é determinístico (MOORE e WEATHERFORD, 2001).

3 METODOLOGIA

A análise do PI em estudo, teve início com a obtenção de dados de investimentos, custos e receitas esperadas através de entrevistas e relatórios com o supervisor da área de desenvolvimento, que via relatório intitulado “Projeto aplicativo” mostrado na Figura 1, fez o levantamento dos investimentos iniciais totalizados e dos custos mensais atrelados ao PI.

Os dados recebidos e coletados foram agregados em uma planilha no Microsoft Excel® e posteriormente inserido no *software* \$AVEPI® para a aplicação da MMIA e, se necessário, posteriormente a SMC. Com as análises de resultados, o estudo será enviado para a supervisão de setor e para a diretoria para a tomada de decisão.

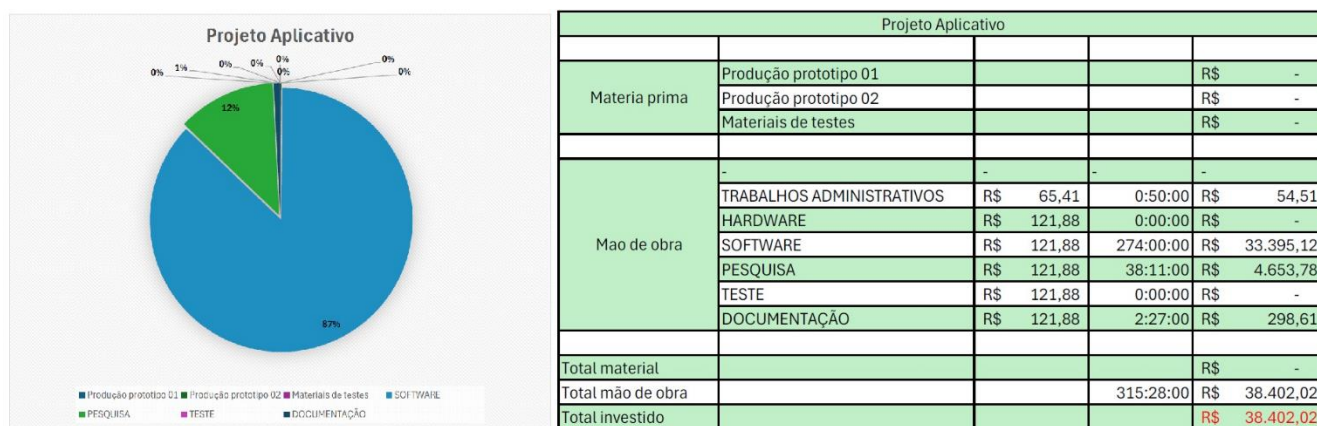


Figura 1. Investimentos iniciais orçados

Fonte: Elaborado pelos autores

3.1 Classificação da Pesquisa

Esta pesquisa é baseada em dados primários e possui caráter descritivo, sendo realizada por meio de um estudo de caso. A abordagem adotada é quantitativa (de quantidade determinada) e de natureza aplicada, com o objetivo de avaliar a viabilidade econômica e oferecer contribuições práticas e replicáveis para o contexto estudado.

3.2 Materiais e Métodos

O estudo de caso aconteceu pela necessidade de habilitar a instituição no possível uso de tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, nesse caso, Big Data e Stream de Dados. O projeto escolhido foi a pesquisa e o desenvolvimento de um aplicativo que colete as informações dos equipamentos industriais nas usinas de energia e disponibilize-as dentro de uma plataforma para tratamento e apresentação de dados.

Dentro da etapa de levantamento dos dados, em relatórios e entrevistas com a supervisão, foram inventariados os dados de instalação e o investimento inicial necessário, juntamente com os indicadores de receitas e despesas. Tratando do tempo de acompanhamento do PI escolhido, foi fixado um horizonte de planejamento de 5 anos, em uma perspectiva mensal de acompanhamento ($N = 60$), assim como a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que deveria ser de ao menos a taxa básica de juros, a taxa Selic (13,25% ao ano, equivalente a 1,04% ao mês).

Os investimentos necessários, foram levantados pela supervisão (Figura 2). Além disso, é necessário estabelecer que o setor de desenvolvimento não tem objetivo de lucro para a corporação, e sim na otimização dos produtos e soluções oferecidos pela empresa.

O investimento programado nesse PI tem como fonte recursos próprios, sendo importante destacar que todos os custos com impostos já foram descontados para operacionalizar os valores somente com quantidades projetadas de venda, preços e custos de forma direta.

Após os dados coletados e organizados no Excel®, foi utilizando o \$AVEPI® para aplicar a MMIA (LIMA et al., 2015; LIMA e SOUTHER, 2024), em abordagem determinística, com o submódulo “Projeto com Recursos próprios – Quantidade, Preços e Custos”. Na sequência, com base nos resultados dos índices de sensibilidade da MMIA foi avaliado a necessidade de uso da SMC. Os módulos do \$AVEPI para aplicar a SMC, geram estatísticas descritivas e inferenciais que fornecem os dados resultantes da pesquisa de forma organizada e lógica, resultando em mais um passo do embasamento teórico de suporte à tomada de decisão. Ao concatenar os dados da MMIA e da SMC, têm-se dados suficientes para desenvolver um parecer conclusivo a partir das informações, assumindo que o PI não tem flexibilidade gerencial, dessa forma, é possível tomar uma decisão sobre o investimento no PI estudado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo a necessidade de informação 5V do Big Data (Volume, Velocidade, Variedade, Veracidade e Valor), com as premissas de gerar informação e repassar a um centro de operações centralizados, nessa seção são apresentados os resultados da aplicação das metodologias apresentadas. Essa análise contempla os resultados do estudo da viabilidade econômica desenvolvida para o projeto de criação de um Stream de dados para um centro de controle de usinas. Além disso, o resultado encontrado é discutido com base na literatura, viabilizando uma avaliação sobre as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0.

A apresentação dos resultados se dará através do detalhamento dos dados coletados e sua interrelação com o estudo, mostrando através da Tabela 1 os investimentos iniciais orçados, os custos de operação e manutenção na Tabela 2, as receitas esperadas na Tabela 3 e as projeções de fluxo de caixa, na Tabela 4. Ainda,

nas próximas subseções serão apresentados os resultados obtidos apenas através da aplicação da MMIA, dado que SMC não foi necessária para realizar uma recomendação sobre a viabilidade do empreendimento.

Tabela 1

Dados sobre o Investimento Inicial (FC0) orçado.

Item	Quantidade (horas trabalhadas)	Valor unitário por hora (R\$/h)	Valor total (R\$)
Trabalhos administrativos	0:50:00	65,41	54,51
Hardware	0:00:00	121,88	---
Software	274:00:00	121,88	33.395,12
Pesquisa	38:11:00	121,88	4.653,78
Teste	0:00:00	121,88	---
Documentação	2:27:00	121,88	298,61
TOTAL	315:28:00		38.402,02

Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

Tabela 2

Dados sobre os Custos de Operação e Manutenção CO&M) estimados com dólar base R\$ 6,04

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Assinatura*	1	690,37	690,37

Fonte: Elaborada pelos autores (2025). *Plano Firebase – modelo Blaze (por produto)

Tabela 3

Dados sobre as Receitas (R) esperadas.

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$/Kw)	Valor total (R\$)
Monitoramento*	3.000	0,67	2.010,00

Fonte: Elaborada pelos autores (2025). *via centro de controle 24/7

Tabela 4

Dados sobre o Investimento Inicial (FC0) orçado.

Período (j)	Fluxo de Caixa (FC _j , R\$)	Quantidade (Q _j)	PVu _j (R\$)	CVu _j (R\$)	Receitas (R\$)	CVT _j (R\$)	Custo Fixo R\$)
0	-38.402,02	-	-	-	-	-	-
1	1.250,60	1,00	2.010,00	69,03	2.010,00	69,03	690,37
2	1.250,60	1,00	2.010,00	69,03	2.010,00	69,03	690,37
3	1.250,60	1,00	2.010,00	69,03	2.010,00	69,03	690,37
4	6.253,00	5,00	2.010,00	69,03	10.050,00	345,15	3.451,85
5	6.253,00	5,00	2.010,00	69,03	10.050,00	345,15	3.451,85
6	6.253,00	5,00	2.010,00	69,03	10.050,00	345,15	3.451,85
7	12.506,00	10,00	2.010,00	69,03	20.100,00	690,30	6.903,70
...	...	...	...	...	...	...	...
30	12.506,00	10,00	2.010,00	69,03	20.100,00	690,30	6.903,70
31	25.012,00	20,00	2.010,00	69,03	40.200,00	1.380,60	13.807,40
...	...	...	...	...	...	...	...
45	25.012,00	20,00	2.010,00	69,03	40.200,00	1.380,60	13.807,40
46	50.024,00	40,00	2.010,00	69,03	80.400,00	2.761,20	27.614,80
...	...	...	...	...	...	...	...
60	50.024,00	40,00	2.010,00	69,03	80.400,00	2.761,20	27.614,80

Fonte: Elaborada pelos autores (2025). Legenda: PVu: Preço de Venda unitário; CVu: Custo de Variável unitário; CVT: Custo Variável Total.

As entradas mostradas na Tabela 04 tem variações nos dados de receitas, custos variáveis totais e de custos fixos pois se correlacionam com as quantidades de venda estimadas, variando no quarto, sétimo, trigésimo primeiro e quadragésimo sexto mês. O valor residual (VR) do fluxo de caixa projetado nos 60 períodos é sempre zero, pois trata-se de um projeto que não gera resíduo com valor monetário, e foi suprimido dentro da tabela.

A organização a frente dessa iniciativa tem sólida experiência em painéis industriais e projetos de geradores de usinas hidrelétricas, estado presente no mercado a mais de 40 anos, tendo como propósito fornecer produtos e soluções industriais de qualidade. O PI visa estudar a viabilidade econômica da implantação de um *stream* de dados em tempo real para o recebimento de informações dos principais parâmetros de desempenho dos equipamentos de uma usina. Os dados necessários para efetividade da operação de controle são estruturados via dashboard do Power BI, através do sensoriamento destes via IoT e Big Data.

A Figura 2 apresenta a tela de entrada de dados (input) no \$AVEPI® com os valores estimados para o PI em estudo, os quais são necessários para a geração dos indicadores da MMIA. A Tabela 05 apresenta os resultados esperados para os indicadores das 3 dimensões da MMIA. Por outro lado, a Tabela 06 promove um confronto entre essas três dimensões, facilitando o processo de tomada de decisão sobre o investimento em estudo (Lima et al., 2024; DRANKA et al., 2025). Ainda, a Figura 5 traz o gráfico do VPL versus a Taxa de desconto, para análise.

Figura 2. Tela de entrada de dados no \$AVEPI® para a aplicação da MMIA

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 5

Dimensões e indicadores da MMIA (recursos próprios).

Dimensão	Indicador	Valor Esperado
RETORNO	Valor Presente – VP (R\$)	957.520,00
	Valor Presente Líquido – VPL (R\$)	919.117,98
	Valor Presente Líquido Anualizado – VPLA (R\$)	20.668,91
	Índice Benefício/Custo – IBC	24,9341
	Retorno Adicional sobre o Investimento – ROIA (%)	5,51
	Índice ROIA/TMA (%)	529,49
RISCOS	Payback descontado (meses)	8
	Taxa Interna de Retorno – TIR (%)	17,67
	Índice Payback/N (%)	13,33
	Índice TMA/TIR (%)	5,89
SENSIBILIDADES	Variação percentual da TMA – Δ%TMA	1.598,94
Limites de	Variação percentual do investimento inicial – Δ%FC₀	2.393,41
Elasticidades	Variação percentual dos fluxos de caixa – Δ%FCᵢ	95,99
(LEs)	Variação percentual no horizonte de planejamento – Δ%N	86,67

SENSIBILIDADES Valores-Limite (VLs)	Valor-limite para a TMA – VL_{TMA} (%)	17,67
	Valor-limite para o investimento inicial – VL_{FC0} (R\$)	957.520,00
	Valor-limite para os fluxos de caixa – VL_{FCj} (R\$)	18.719,33
	Valor-limite para o horizonte de planejamento – VL_N (mês)	8
	Valor-limite para a TMA – VL_{TMA} (%)	17,67

Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

Tabela 6

Escala de comparação das dimensões da MMIA.

DIMENSÃO	ÍNDICE	RESULTADO (%)	CLASSIFICAÇÃO
RETORNO	ROIA/TMA	529,49	Alta
RISCOS	<i>Payback/N</i>	13,33	Baixa
	TMA/TIR	5,89	Baixa
SENSIBILIDADES	DTMA	1.598,94	Baixa
	DFC_0	2.393,41	Baixa
	DFC_j	95,99	Baixa

Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

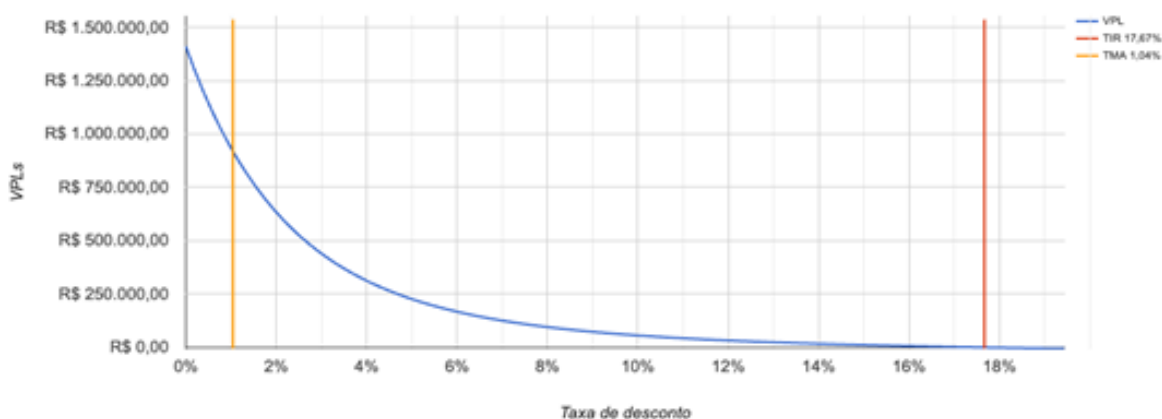


Figura 3. Gráfico VPL versus taxa de desconto

Fonte: Elaborado pelos autores, utilizando o software \$AVEPI (2025)

Ao analisarmos os resultados em relação a MMIA, os resultados das dimensões Retorno, Risco e Sensibilidade podem ser analisados de forma individualizada. Na dimensão de retorno, é possível perceber uma taxa considerada alta no índice expresso pelo índice ROIA/TMA (SOUZA E CLEMENTE, 2008), cujo valor calculado é de 529,49%. Isso permite classificar o investimento como retorno de alto grau (> 66,66%), segundo a escala proposta por (LIMA e SOUTHER, 2025) para a MMIA.

Ao analisar a dimensão de riscos, o índice *Payback/N*, para melhorar a percepção de risco na recuperação do capital investido (KREUZ et al., 2004) teve resultado foi de um percentual de 13,33%, o que é considerado de grau baixo. Acompanhando esses índices, o risco financeiro (TMA/TIR), apresentou 5,89% como resultado, índice também de classificação baixa na escala proposta.

A variação mais sensível é do Fluxo de Caixa (FC) sendo igual a 95,99%, a qual pode ser classificada como baixa. Os índices de sensibilidades da MMIA melhoram a percepção dos riscos associados à decisão de implantação do PI em estudo, na dimensão de Sensibilidade. Os resultados da MMIA sinalizam que não há a necessidade de uso da SMC. Portanto, com base nos resultados apresentados, recomenda-se a implantação desse PI.

A análise dos dados indica que a implementação do aplicativo de aquisição de

dados num *stream* resultou em um tempo de retorno de investimento de 8 meses. O resultado é coerente com os resultados de Borges (2007). As diferenças com os outros estudos definidos na seção de revisão de literatura, se dão principalmente pela forma de geração da energia, que pode ser traspassada através da instalação de equipamentos de transmissão de dados nos demais geradores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisarmos o ciclo de desenvolvimento de novas tecnologias, esse crescimento é tido como crucial para o desenvolvimento sustentável ao longo do tempo. No escopo estudado nesse artigo, o objetivo foi a análise econômico-financeira de um projeto construtivo para uma plataforma de *Stream* de Dados para usinas hidrelétricas.

Com o escopo de produtividade definido pelo setor, foram realizados testes de viabilidade econômica somente via MMIA, dado que a SMC não foi necessária. Os resultados indicam uma efetiva aprovação do parecer da análise de viabilidade de investimento, julgando procedente a continuidade dos estudos para o aplicativo.

Tratando-se de um projeto piloto da empresa, foi necessária alguma discricção com relação aos dados utilizados neste artigo, procedendo de maneira mais global com relação a quantidades, receitas e valores. Em situações ideais, há uma necessidade maior de proceder um exame minucioso com os dados trabalhados.

Para estudos futuros, considerando o aumento da conectividade, avaliar os riscos associados à segurança da informação e desenvolver protocolos de proteção específicos para dados operacionais em tempo real. Além disso, embora não tenha sido necessária neste estudo, a SMC pode ser aplicada em projetos semelhantes com maior variabilidade nos fluxos de caixa, permitindo análises de sensibilidade e risco em outros cenários.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Sistema de Avaliação de Regulação (SAR). Brasília: ANA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao/sistema-de-avaliacao-de-regulacao-sar>. Acesso em: 4 março 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SIN). Brasília: ANA, 2023. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/sar/sin>. Acesso em: 4 março 2025.

AMARO, D. P.; DROZDA, F. O., Aplicação de Big Data em inovações para a logística e gestão da cadeia de suprimentos: uma revisão sistemática da literatura. Revista Produção Industrial & Serviços, v. 6, n. 2, p. 20-29, 2019.

Barr & Feigenbaum, E.A. (1981). The Handbook Intettigenc.e. Lo Altos, California, William Kaufmann, Inc., vol. 1 e 2

BASTOS, R. L. A., O segmento de automação industrial no Brasil: constituição, desenvolvimento e mudança no processo de abertura. Ensaios FEE, Porto Alegre, Vol. 19, Nº 1, pp. 302-331, 1998.

BORGES, J. P.; A automação de pequenas centrais hidrelétricas é uma boa opção? 2007. Monografia (Especialização em Gestão Empresarial) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Administração, Programa de Pós-Graduação em Administração, Porto Alegre, 2007. Disponível em:

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/159268/000646899.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 4 março 2025

COHN, P. G.; GOMIDE, F. A.C., SBA Controle & Automação. Automação, Controle e Inteligência Artificial, Vol. 1, Nº 4, pp. 277-290, 1989.

COSTA, R.; MENHEM, A.; RAFAEL, C.; VIANA, S.; MIRANDA, M., Otimização da operação e manutenção de usinas eólicas através do monitoramento e gestão integrada de ativos, Brasil Windpower 2016 Conference and Exhibition, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016

DRANKA, G. G.; CUNHA, J.; LIMA, J. D. de; FERREIRA, P. *Economic evaluation methodologies for renewable energy projects*. AIMS Energy, v. 8, p. 339-363, 2020. Disponível em:

<http://www.aimspress.com/article/10.3934/energy.2020.2.339>

DRANKA, Géremi Gilson; DE LIMA, José Donizetti ; SETTI, Dalmarino; OLIVEIRA, Gilson Adamczuk ; TRENTIN, Marcelo Gonçalves; SIROTA, Tânia Regina Sieminkoski; FERREIRA, Paula . *Towards a rational framework for economic and risk assessment of energy efficiency projects*. SUSTAINABLE ENERGY TECHNOLOGIES AND ASSESSMENTS AN INTERNATIONAL JOURNAL, v. 73, p. 104090, 2025.

Evans, M. A., & Campbell, R. I. (2003). A comparative evaluation of industrial design models produced using rapid prototyping. Rapid Prototyping Journal, Vol.9 N.5, pg. 344-354. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/13552540310502248>.

GARRÁN, Felipe. Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Disponível em: <<https://www.mundofinanceiro.com.br/10-things-you-can-learn-about-fashion-fromwalruses/>>. Acesso em: 24 maio 2025.

GUARES, S. A.; LIMA, J.D. de; OLIVEIRA, G. A. *Techno-economic model to appraise the use of cattle manure in biodigesters in the generation of electric energy and biofertilizer*. Biomass and Bioenergy, v. 150, p. 1-11, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106107>

HAMIDI, Mohsen; LI, Wei; MALEKI, Salman. Smart Grid Data Analytics and Decision Making. Springer, 2020.

ISERMANN, Rolf. *Mechatronic Systems: Fundamentals*. Londres: Springer, 2005

KREUZ, C.L.; SOUZA, A.; SCHUCK, Ê.; CUNHA, S.K. Custos de produção, expectativas de retorno e de riscos do agronegócio da uva na região dos Campos de Palmas. Revista Alcance. Itajaí SC, v.11, n.2. 2004. P. 239-258

LIMA, J. D. de; SILVA, R. R. ; DRANKA, G. G. ; RIBEIRO, M. H. D. M. ; SOUTHER, L. F. P. . *Introducing Conditional Expected Loss: A Novel Metric for Risk Investment Analysis*. ENGINEERING ECONOMIST, v. 69, p. 285-312, 2024.

LIMA, J. D. de; SOUTHER, L. F. P. Guia prático para usuários do \$AVEPI®. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR – Campus Pato Branco). Departamento Acadêmico de Matemática (DAMAT) e Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS), 2024. Disponível em: <http://pb.utfpr.edu.br/savepi>.

LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; OLIVEIRA, G. A.; BATISTUS, D. R.; SETTI, D. *A systematic approach for the analysis of the economic viability of investment projects*. Int. J. Engineering Management and Economics. v. 5, n. 1/2. 2015. p. 19-34. Disponível em: <http://www.inderscience.com/offer.php?id=69887>

LUSTOSA, P. R. B.; PONTE, V. M. R.; DOMINAS, W. R. Simulação. In: CORRAR, L. J.; THEÓPHILO, C. R. (Orgs.). Pesquisa Operacional para decisão em contabilidade e administração. São Paulo: Atlas, 2004.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros. 5. ed. Barueri: LTC, 2016.

MOORE, J. H.; WEATHERFORD, L. R. *Decision modeling with Microsoft Excel. 6th ed.* New Jersey: Prentice Hall, 2001.

NOGAS, P.S.M.; SOUZA, A.; SILVA, W.V. Análise de investimentos: uma contribuição probabilística ao índice TMA/TIR da Metodologia Multi-índice. *Revista Iberoamericana de Ciencias Empresariales y Economía*. Uruguai, v. 2, n. 2, p. 43-55, 2011

ODWAŻNY, F.; WOJTKOWIAK, D., CYPLIK, P., e ADAMCZAK, M. *Concept for measuring organizational maturity supporting sustainable development goals. LogForum*, v. 15, n. 2, 2019.

OGATA, Katsuhiko. Engenharia de Controle Moderno. 5ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

PIEDEDE FILHO, W. (2012). Projeção de receitas, custos e despesas nos projetos de viabilidade econômico-financeira. *Pensamento & Realidade*, 14. Recuperado de

<https://revistas.pucsp.br/index.php/pensamentorealidade/article/view/8458>.

PIOVESAN, G. T.; LIMA, J. D. de; OLIVEIRA, G. A. Uma abordagem multi-índice na análise de custos e investimentos na automação de equipamentos de sanitização na indústria de rações. *Custos e Agronegócio On Line*, v. 17, n. 1, p. 145-165, 2021. Disponível:

[http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v17/OK%207%20automacao.p](http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v17/OK%207%20automacao.pdf)
[df](http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v17/OK%207%20automacao.pdf)

REIS, M. F.; Desenvolvimento de uma infraestrutura de dados como código e com capacidade analítica para monitoramento de bombas industriais utilizando Internet das Coisas Industrial. 2024. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024. Disponível em:

<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/77158/1/MarceloReis.pdf>. Acesso em: 1 março 2025.

RIBEIRO, J. L. D.; TEN CATEN, C. S. Cartas de Controle para Variáveis, Cartas de Controle para Atributos, Função de Perda Quadrática, Análise de Sistemas de Medição. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2012. 172p. (Série Monográfica Qualidade)

SACOMANO, J. B. et al. Indústria 4.0. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2018. Disponível em: <https://www.blucher.com.br/livro/detalhes/industria-4-0-1457>

SALDANHA, Breno. Engenharia Econômica: Projeto de investimento. Rio de Janeiro, 2020

SEBRAE. Saiba as diferenças entre despesas, custos e investimentos. Brasília: SEBRAE, 2023. Disponível em:

<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/saiba-as-diferencas-entre-despesas-custos-e-investimentos,f271c83eec486810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 24 maio 2025.

SENAI-SP. Fundamentos de Automação. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2015. ISBN 978-85-8393-217-8.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SOUZA, L. Ap. L.; GUIMARÃES, I. F. G., A Indústria 4.0 em empresas

sediadas no Brasil: perspectivas e desafios. XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2021.

TAURION, C.; Big Data, Rio de Janeiro: Brasport, 2013.

WANG, G; GUNASEKARAN, A; NGAI, E. W; e PAPADOPOULOS, T., *Big Data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications*. International journal of production economics, v. 176, p. 98-110, 2016.