

METODOLOGIA PARA ESTIMAÇÃO DE RETORNO ECONÔMICO EM PROJETOS DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE¹

Fábio Barros de Carvalho²
Carmela Maria Polito Braga³

Resumo

Uma metodologia para estimação de ganhos em projetos de automação e controle é proposta como estratégia para a análise de investimentos na indústria de bens de produção. Sua aplicação propicia uma seleção do portfólio de projetos com base no conhecimento prévio do potencial de retorno de cada empreendimento. Ela é composta de seis passos principais que vão desde o entendimento do alcance do projeto e dos objetivos de negócio da companhia, passando pela análise do comportamento histórico do processo até culminar no cálculo do potencial de ganho do empreendimento. Um estudo de caso é conduzido envolvendo dados, processo e projeto reais para demonstrar a aplicabilidade do método proposto.

Palavras-chave: Análise de viabilidade; Estimação de benefícios; Seleção de portfólio; Retorno financeiro.

A METHODOLOGY FOR BENEFIT ESTIMATION ON CONTROL AND AUTOMATION PROJECTS

Abstract

A benefit estimation methodology is proposed as a strategy for investment analysis on industries. Its application allows a project portfolio selection supported by the preliminary knowledge of the potential gain of each initiative. The methodology is composed by six main steps starting from the understanding of the project and the business objectives of the company, going through the analysis of the historical behavior of the process and concluding with the potential benefit calculation. A case study is conducted involving real data, process and project to demonstrate the applicability of the proposed method.

Key words: Feasibility analyses; Benefit estimation; Portfolio selection; Return on investment.

¹ Contribuição técnica ao 14º Seminário de Automação de Processos, 6 a 8 de outubro de 2010, Belo Horizonte, MG.

² Mestre em Engenharia Elétrica pela UFMG, Gerente da Accenture Automation & Industrial Solutions.

³ Doutora em Engenharia Elétrica, Professora da Universidade Federal de Minas Gerais

1 INTRODUÇÃO

De maneira geral, pode-se afirmar que o objetivo de qualquer empresa do setor industrial se resume a produzir com qualidade, em quantidades que atendam à demanda do mercado, minimizando os custos de produção e observando a sustentabilidade do negócio. Diversos são os fatores que podem contribuir no alcance deste objetivo. Dentre eles destacam-se a manutenção de um parque tecnológico moderno; a adoção de processos de trabalho e práticas operacionais eficientes; a correta gestão dos recursos humanos; e ações de responsabilidade socio-ambiental. Um outro importante fator que está associado à práticas operacionais eficientes é o controle automático de processos.

Desde as lógicas discretas de intertravamento até às técnicas de controle avançado e multivariável, o controle automático de processos desempenha um papel fundamental na indústria. Ele pode atuar aumentando a produtividade e eficiência do processo, promovendo uma maior segurança operacional, reduzindo o impacto ambiental da produção, protegendo e aumentando a vida útil dos equipamentos, reduzindo a variabilidade do processo produtivo e/ou aumentando a qualidade dos produtos. Estes objetivos coincidem com os principais direcionadores de negócio das empresas do setor industrial e é por isso que as iniciativas de automação e controle frequentemente figuram nos documentos do seu plano estratégico.

Assim como a maioria das ações contidas no planejamento estratégico de uma companhia, a implementação de soluções de controle automático deve ser realizada por meio de projetos. Projetos necessariamente implicam em investimentos. E toda organização, sem exceção, possui menos recursos para investir do que a sua legítima demanda por investimentos. Este cenário faz com que a disputa pela aprovação de determinados projetos fique ainda mais acirrada. Cada vez mais se faz necessária uma avaliação criteriosa da viabilidade do projeto e uma posição consistente sobre o seu retorno potencial para a empresa.

O verdadeiro valor das tecnologias modernas só é reconhecido pelas companhias quando traz consigo um retorno financeiro mensurável. Porém, os benefícios que vêm sendo utilizados como argumentos na defesa de projetos envolvendo estas tecnologias são, na maioria dos casos, intangíveis e com baixa sustentação econômica.

Quando se trata de projetos de automação e controle, o cenário é um pouco mais favorável. No ano de 2006, Bauer e Craig⁽¹⁾ conduziram uma pesquisa envolvendo usuários finais e fornecedores de soluções de controle avançado de processos do mundo inteiro. Um dos itens da pesquisa questionou sobre os benefícios trazidos por aplicações como esta. A Figura 1 apresenta o ranking dos principais benefícios na opinião dos profissionais consultados.

Ao se observar os itens listados no gráfico da Figura 1, pode-se perceber que a maioria deles é absolutamente mensurável. Tanto é que, em grande parte das empresas, já existem indicadores numéricos utilizados para acompanhar a evolução destas grandezas no tempo. Por outro lado, tais grandezas não são impactadas única e exclusivamente pelo nível de controle e automação da unidade. Elas são, de fato, um reflexo de tudo o que acontece na operação da planta. Isso quer dizer que, ao se defender a viabilidade de um projeto relacionado ao controle automático de processos, o desafio está muito menos associado à tangibilidade dos benefícios trazidos por ele, mas sim à dificuldade de se estimar antecipadamente qual será o

real impacto nestes indicadores. Este é o principal motivador para a metodologia de estimação de benefícios apresentada neste trabalho.

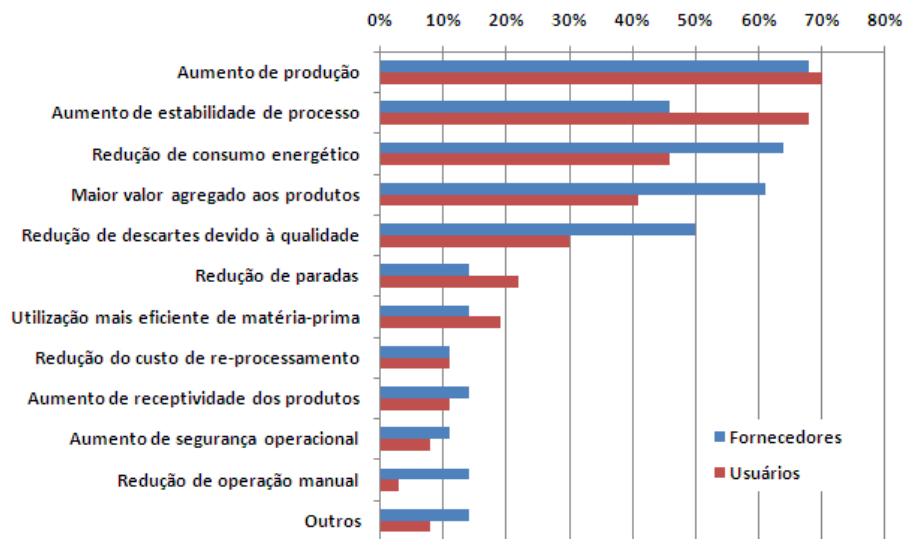


Figura 1 – Principais benefícios do controle avançado de processos.⁽¹⁾

2 METODOLOGIA PROPOSTA

O presente capítulo traz consigo a metodologia proposta para se estimar ganhos em projetos de automação e controle, e inferir sobre a sua viabilidade financeira. Tudo isso baseado principalmente nas ações a serem empreendidas e no comportamento histórico do processo alvo. São ao todo seis passos que vão desde o entendimento dos objetivos do projeto e do negócio, passando pela análise de dados históricos, até culminar na análise de viabilidade financeira do empreendimento, confrontando-se o benefício estimado com os custos envolvidos.

Algumas das técnicas que compõem a metodologia foram retiradas da literatura, outras são práticas aplicadas no dia-a-dia das empresas de Engenharia Consultiva e outras são contribuições do trabalho de Carvalho.⁽²⁾

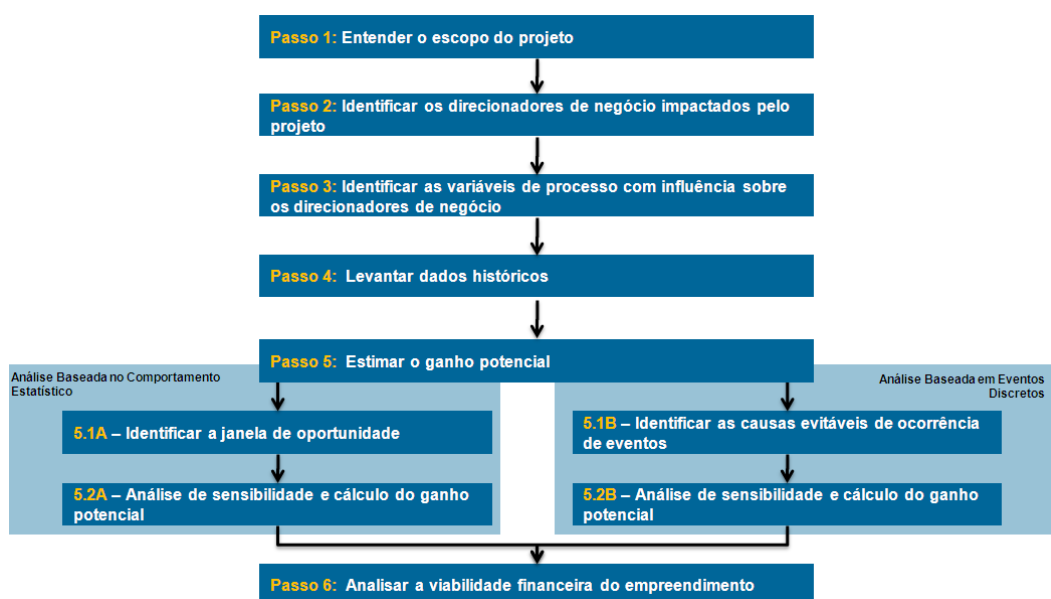


Figura 2 – Visão geral da metodologia.

As próximas secções descrevem cada um dos passos propostos.

2.1 Passo 1 – Entender o Escopo do Projeto

Para se ter uma correta noção da amplitude dos ganhos a serem estimados, é necessário primeiramente conhecer a natureza do projeto; o seu alcance em termos de equipamentos, operações unitárias, unidades ou plantas envolvidas; e o seu alcance em termos dos níveis de automação empregados.

Algumas perguntas que podem auxiliar no melhor entendimento do escopo do projeto são:

- Qual a justificativa e a motivação do projeto?
- Qual(is) o(s) objetivo(s) final(is) do projeto?
- Qual a abordagem/metodologia de desenvolvimento do projeto?
- Qual(is) a(s) área(s) física(s) da empresa envolvida(s)?
- Qual(is) o(s) nível(is) de atuação do projeto (instrumentação, controle e supervisão, controle avançado ou sistemas especialistas)?
- Qual o prazo de implantação?
- Qual a estimativa de orçamento do projeto?

Respondidas estas perguntas, pode-se ter uma boa noção da dimensão do projeto e dos impactos que espera trazer para a organização em termos de mudanças operacionais e, naturalmente, de resultados de negócio.

2.2 Passo 2 – Identificar os Direcionadores de Negócio Impactados pelo Projeto

Entende-se por direcionadores de negócio os objetivos ou metas que representam o foco estratégico da organização na condução do seu negócio.⁽³⁾ Consideram-se como os principais direcionadores, embora outros possam ser definidos de acordo com cada segmento industrial:

- volume de produção;
- taxa de produção ou produtividade;
- custo operacional;
- consumo energético específico;
- disponibilidade física;
- qualidade;
- meio ambiente; e
- saúde e segurança operacional.

2.3 Passo 3 – Identificar as Variáveis de Processo com Influência sobre os Direcionadores de Negócio

Para cada direcionador de negócio identificado no passo anterior, é necessário identificar as variáveis de processo ou de qualidade (contínuas ou discretas) que estão associadas àqueles direcionadores.

Exemplo: O escopo do projeto contempla a otimização de um forno siderúrgico onde o principal direcionador de negócio identificado é a redução do consumo de combustíveis. Neste caso pode-se considerar como variáveis de processo associadas, entre outras, a temperatura do forno, a vazão de combustível, a vazão de ar de combustão e a relação ar/combustível.

Ao reduzir as oscilações de temperatura do forno e, conseqüentemente, a sua variabilidade de controle, este passa a operar de forma mais estável e com uma maior eficiência energética, demandando menos combustível para manter a temperatura desejada. Por sua vez, uma menor demanda de combustível influencia diretamente nos indicadores de custo da companhia no longo prazo.



Figura 3 – Gráfico de tendência de uma malha de controle de temperatura em um forno siderúrgico.

2.4 Passo 4 – Levantar Dados

Identificados os direcionadores de negócio e as variáveis de processo associadas, o próximo passo é a coleta de dados históricos referentes a tais indicadores e variáveis.

Com os sistemas de informação e gerenciamento da produção disponíveis hoje na maioria das indústrias, esta tarefa de coleta de dados históricos ficou bastante facilitada. No entanto, cuidados devem ser tomados no que diz respeito à confiabilidade dos dados; frequência de amostragem e horizonte de análise (janela de tempo).

2.5 Passo 5 – Estimar o Ganho Potencial

O ganho potencial que está atrelado a um dado projeto pode decorrer de duas transformações principais trazidas pelo empreendimento:⁽⁴⁾

- uma mudança no comportamento estatístico das variáveis de interesse, e/ou
- uma redução na ocorrência de certos eventos operacionais indesejáveis.

2.5.1 Análise baseada no comportamento estatístico

• Identificação da janela de oportunidade

A expressão janela de oportunidade é utilizada ao longo deste documento para denotar a margem de melhoria de desempenho que um determinado processo ou operação possui. Ou seja, quanto maior a janela de oportunidade maior o espaço e possibilidade existente para se aprimorar aquele determinado processo.

Apesar de o conceito parecer subjetivo, existem alguns métodos que permitem a mensuração e quantificação desta janela a partir de dados históricos do processo:

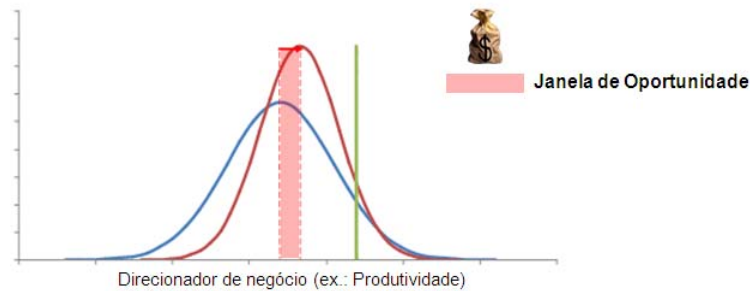


Figura 4 – Representação da Janela de Oportunidade

- *Método da Variabilidade Capaz* – assume que a variabilidade total de um direcionador de negócio é a soma da variabilidade natural (que não pode ser eliminada) e da variabilidade especial (que pode ser eliminada através de controle regulatório, estatístico e avançado). A janela de oportunidade é calculada com base na diferença entre a variabilidade total e variabilidade natural;
- *Método do Benchmark Interno / Externo* – a janela de oportunidade é calculada pela diferença entre a média corrente da variável de negócio e a média registrada em algum benchmark interno ou de mercado;
- *Método da Eliminação dos Piores Resultados* – a janela de oportunidade é calculada pela diferença entre a média corrente da variável de negócio e a suposta média que seria obtida eliminando-se as piores amostras;

Maiores detalhes sobre os métodos acima podem ser encontrados nas referências do trabalho.

- **Análise de sensibilidade e cálculo do ganho potencial**

A janela de oportunidade representa o potencial de melhoria de um determinado direcionador de negócio. Porém, nem sempre será possível eliminar toda a janela de oportunidade em um único projeto. Muitas vezes, serão necessários mais de um projeto, com escopos complementares, para que todas as variáveis de processo associadas ao direcionador de negócio sejam impactadas e todo o potencial de melhoria seja capturado. Diante disso, a análise de sensibilidade é um passo importante da metodologia que visa identificar qual a parcela da janela de oportunidade pode ser eliminada pelo projeto em análise. Nesta análise confronta-se o peso de cada variável de processo impactada pelo escopo do projeto com o potencial global de melhoria para saber quanto desse potencial é capturável com o projeto em questão.



Figura 5 – Esquema da análise de sensibilidade.

Algumas propostas de métodos para se realizar a análise de sensibilidade são:

- *Método da Correlação Cruzada* – estuda-se a correlação entre os pares variável de negócio x variável de processo e utiliza-se este fator de correlação para inferir sobre o percentual de captura de benefícios do projeto em relação à janela de oportunidade;
- *Método Baseado em PLS* – assinala-se as variáveis de negócio como variáveis dependentes (y) e as variáveis de processo como variáveis independentes (x). Aplica-se o PLS para encontrar os regressores de x que explicam y. Utiliza-se estes regressores para inferir sobre o percentual de captura de benefícios do projeto em relação à janela de oportunidade;
- *Método Baseado na Opinião de Especialistas* – Utiliza-se o peso que cada variável de processo exerce sobre as variáveis de negócio (na opinião dos especialistas) para inferir sobre o percentual de captura de benefícios do projeto em relação à janela de oportunidade.

Maiores detalhes sobre os métodos acima podem ser encontrados nas referências do trabalho

2.5.2 Análise baseada em eventos discretos

A secção anterior descreveu a proposta metodológica para cálculo do ganho potencial do projeto em termos de seu impacto no comportamento estatístico do processo. Nesta secção será descrita a análise para estimar o ganho potencial do projeto quando este está associado à redução na ocorrência de determinados eventos operacionais indesejáveis. Trata-se de uma análise praticada por diversas empresas de engenharia consultiva.

Alguns exemplos de eventos operacionais discretos são:

- paradas de planta ou equipamento;
- transbordamentos;
- ocorrências de sobrecarga;
- ocorrências de produto fora da especificação;
- re-processamento; e
- acidentes operacionais/ambientais.

Propõe-se a realização deste tipo de análise a partir de duas etapas:

- identificação das causas “evitáveis” de ocorrência de eventos; e
- análise de sensibilidade e cálculo do ganho potencial.

- **Identificação das causas “evitáveis” de ocorrência de eventos**

Para realização do levantamento de dados é necessário que a planta possua um sistema, automático ou não, para registro (e apontamento de causas) dos

eventos operacionais relevantes. As principais informações a serem levantadas são: Natureza do evento; Área(s)/Equipamento(s) envolvido(s); Causa atribuída; Efeito no negócio (ex.: perda de produção, perda de qualidade, impacto ambiental etc.); Data da ocorrência; Hora de Início / Hora de Fim.

Além disso, uma vez que se conhece o escopo de atuação do projeto, deve-se considerar apenas os eventos das áreas/unidades afetadas por aquele projeto, deixando de lado os eventos de outras áreas.

Uma vez delimitado o universo de eventos a serem analisados respeitando a área de atuação do projeto, o próximo passo é o de definir quais desses eventos sofrem algum tipo de influência da automação e controle (as quais se propõe denominar “causas evitáveis”) e quais deles são causados por fatores externos à essa área de conhecimento.

- **Análise de sensibilidade e cálculo do ganho potencial**

Neste último passo a idéia é a de se estabelecer o grau de impacto da automação e controle em um determinado evento de causa evitável. Uma sugestão, então, é a de utilizar uma escala de impacto conforme o grau de influência em questão. Para situações onde a influência é considerada baixa, propõe-se estabelecer um grau de impacto de 0-25%. Para situações onde a influência é média, o grau de impacto deve ser estabelecido entre 25%-75%. Finalmente, para situações onde a influência é alta, deve se estabelecer um grau de impacto superior a 75%. O ideal é que especialistas da planta junto com especialistas nas disciplinas de automação sejam envolvidos no momento de definir estes valores percentuais.

O grau de impacto se tornará o fator a ser multiplicado pela frequência de ocorrência de um determinado evento indesejável a fim de se determinar o potencial de redução na ocorrência deste evento.

2.6 Passo 6 – Analisar a Viabilidade Financeira do Empreendimento

Estimado o ganho potencial do projeto em análise tem-se, como último passo da proposta metodológica, a análise de viabilidade financeira do empreendimento. Tal análise de viabilidade consiste, basicamente, em se confrontar o ganho potencial calculado com os custos de implantação do projeto e verificar se, neste confronto, os ganhos do projeto superam os custos de material, serviços e financeiros associados ao empreendimento.

Diversas técnicas podem ser aplicadas para análise de viabilidade financeira de um empreendimento. Dentre estas técnicas, as mais comumente utilizadas são:

- *Valor Presente (Líquido)* - permite avaliar qual a correspondência no tempo presente de um valor monetário projetado para o futuro;
- *Taxa Interna de Retorno (TIR)* - taxa de desconto que, se aplicada, faz o Valor Presente Líquido do empreendimento se igualar à zero;
- *Retorno contábil sobre o investimento* – razão entre o retorno líquido de um investimento (ou lucro líquido) e o custo total do investimento; e
- *Período de payback do investimento* - tempo que transcorrerá até que o retorno do investimento se iguale aos custos incorridos.

3 ESTUDO DE CASO – IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE AVANÇADO PARA ESPESSADORES DE REJEITO

Espeçadores são equipamentos industriais que utilizam o princípio da sedimentação para promover uma separação sólido-líquido. Estes equipamentos estão muito presentes principalmente na indústria de mineração.

Em geral os espeçadores utilizam uma pá de baixa rotação utilizada para homogeneizar o conteúdo do tanque e também para acelerar o processo de sedimentação. Em alguns casos, são adicionados reagentes com propriedades floculantes para acelerar ainda mais este processo. Quanto mais rápido o processo de sedimentação e quanto melhor for a separação sólido-líquido, mais eficiente é o espeçador.

Os Espeçadores de Lama deste estudo de caso recebem todo o rejeito do processo e promovem a separação água-lama. A água que sai no overflow é reaproveitada nos demais processos úmidos da unidade enquanto a lama é encaminhada à barragem. Somente a água separada por este processo de espeçamento não é suficiente para suprir toda a demanda da usina, por isso é utilizada água bruta proveniente de lagos e represas próximas como uma forma de complementar o suprimento aos processos úmidos. Entretanto, quanto maior a eficiência desses espeçadores, maior a quantidade de água reaproveitada e menor a necessidade por água bruta. Isso é algo positivo não só pela redução do impacto ao meio ambiente como também pelo fato de reduzir o consumo energético decorrente do bombeamento de água bruta.

A proposta do projeto de controle avançado é de se melhorar o controle dos espeçadores de rejeito de forma que estes se tornem mais eficientes, recuperando mais água do processo e reduzindo a demanda por água bruta (nova) e consequentemente reduzindo o consumo energético das bombas da barragem.

3.1 Escopo do Projeto

Tabela 1 – Informações do projeto.

Título do Projeto	Sistema de controle avançado para controle de espeçador de rejeito
Justificativa	Forte pressão para redução de custos operacionais, dentre eles o custo associado ao consumo de energia elétrica
Objetivo	Melhorar o controle do espeçamento de rejeito, aumentando a sua eficiência na recuperação de água de processo e reduzindo a demanda de captação de água bruta
Áreas	Usina/Unidade de Beneficiamento/Operação Unitária de Espeçamento/Espeçadores de Rejeito
Nível de atuação	Controle e supervisão
Prazo	4 meses
Orçamento	400.000,00 u.m. (unidades monetárias)

3.2 Passos 2 a 4 – Impacto nos Direcionadores de Negócio, Impacto no Processo e Levantamento de Dados

O indicador utilizado para medir o impacto no negócio denomina-se *Fator de Recuperação*. Trata-se de um índice percentual que mede a razão entre o volume de água recuperada no espeçador e o volume de água total utilizado no processo (água recuperada + água bruta bombeada da barragem).

$$\text{Fator Recuperação} (\%) = \frac{\text{Volume Recuperado}}{\text{Volume Total}}$$

As variáveis de processo que têm influência sobre o Fator de Recuperação são:

- Taxa de Alimentação de Ferro do Peneiramento (t/dia);
- Taxa de Alimentação de Ferro da Moagem (t/dia);
- Densidade Média de Underflow do Espessador 01 (g/cm³);
- Densidade Média de Underflow do Espessador 02 (g/cm³); e
- Vazão Média de Floculante (m³/h).

Dentre essas variáveis apenas as três últimas (Densidade Espessador 01, Densidade Espessador 02 e Vazão de Floculante), sofrem impacto do escopo do projeto. Para todas as variáveis mencionadas, existem registros históricos disponíveis em planilhas eletrônicas. A periodicidade de registro dos dados é diária.

3.3 Passo 5 – Estimação do Ganho Potencial

Uma vez que o objetivo do projeto é o de se melhorar o controle do espessamento de rejeito, aumentando a sua eficiência na recuperação de água de processo (Fator de Recuperação), para estimação do ganho potencial utiliza-se a análise baseada no comportamento estatístico.

Utilizando o método da variabilidade capaz⁽²⁾ são realizados os cálculos para identificação da janela de oportunidade da variável de negócio Fator de Recuperação (%).

Janela de Oportunidade = 20,7%

Para a análise de sensibilidade foi utilizado o Método da Correlação Cruzada. Aplicando a análise de correlação sobre cada par formado pela variável de negócio com as variáveis de processo, são encontrados os coeficientes de correlação ρ entre tais variáveis. Estes coeficientes são então normalizados para encontrar os respectivos Índices de Sensibilidade, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Índices de sensibilidade ponderada.

	Índice de Sensibilidade (SP)
Alimentação de Ferro do Peneiramento II	30,8%
Alimentação de Ferro da Moagem	7,9%
Densidade Média de Underflow do ES 01	26,6%
Densidade Média de Underflow do ES 02	32,1%
Vazão Média de Floculante	2,6%

Uma vez que o escopo do projeto têm impacto apenas sobre as três últimas variáveis, os pesos que devem ser considerados para a estimação do ganho potencial são apenas os relativos a estas variáveis. Sendo assim, tem-se:

$$\text{Ganho Potencial Estimado} = \sum_j \left[\left(\sum_k SP_{kj} \right) \cdot \text{gap}_{oportunidade_j} \right]$$

$$\text{Ganho Potencial Estimado} = (26,6\% + 32,1\% + 2,6\%) \cdot 20,7$$

$$\text{Ganho Potencial Estimado} = 12,7\%$$

Este resultado implica em dizer que, com o projeto, espera-se que o valor médio do Fator de Recuperação passe dos atuais 57% para 69,7%.

Além disso, de acordo com as informações de volume de água utilizada no processo, o resultado também significa dizer que, com o projeto, espera-se reduzir em 28.767 m³/dia o consumo de água bruta. Considerando-se que, para cada m³ de água bruta bombeado da barragem, gasta-se 0,06 unidades monetárias (u.m.) em energia de bombeamento, o ganho financeiro anual com o projeto pode ser estimado como: 630.000,00 u.m./ano.

3.3.1 Passo 6 – Análise de viabilidade financeira do empreendimento

Para analisar a viabilidade financeira deste empreendimento deve-se confrontar, utilizando uma ou mais técnicas apresentadas na seção **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, o orçamento previsto para o projeto com o ganho potencial calculado.

Os valores foram calculados como mostram os dados a seguir e a conclusão que se chega é de que o projeto é viável sob o ponto de vista financeiro uma vez que, por exemplo, o valor presente é superior ao custo do projeto e a TIR é muito superior às taxas geralmente oferecidas por outras modalidades de investimento.

Valor Presente
$VP = \frac{VF}{(1+i)^n} = \frac{630000,00}{(1+0,1)^1} = 623762,37 \text{ u.m.}$
Taxa Interna de Retorno
$TIR = 6\%a.m = 72\%a.a$
Retorno Sobre Investimento
$ROI(\%) = \frac{Re\text{ceita} - \text{Custo}}{\text{Custo}} = \frac{Re\text{ceita}}{\text{Custo}} - 1 \quad ROI(\%) = \frac{630.000,00}{400.000,00} - 1 = 58\%$
Período de Payback
$Payback(em_meses) = \frac{\text{Custo_Investimento}}{Re\text{ceita_por_mês}} \quad Payback(em_meses) = \frac{400000,00}{52500,00} = 7,6$

4 CONCLUSÕES

A era em que os investimentos eram feitos desvinculados dos resultados acabou. A metodologia desenvolvida demonstra ser uma importante ferramenta de suporte ao processo de análise de viabilidade de projetos de automação e controle.

Níveis de incerteza sempre existirão. Entretanto, a utilização de um método sistemático contribui para que sejam reduzidos.

Para alguns passos da metodologia, mais de uma alternativa de cálculo é apresentada. A seleção da alternativa mais adequada deve levar em consideração a quantidade de variáveis envolvidas; o formato os dados históricos; e a disponibilidade de recursos humanos e de tempo para aplicação do método.

Uma das principais contribuições do trabalho está nas técnicas de análise de sensibilidade. Não basta identificar o potencial de melhoria que existe em um processo ou operação, é preciso conhecer qual parcela deste potencial é capturável pelas ações que planeja-se executar.

Finalmente, o estudo de caso ajuda a confirmar a aplicabilidade e caráter prático da proposta metodológica.

REFERÊNCIAS

- 1 BAUER, M.; CRAIG, I. K. Economic assessment of advanced process control - A survey and framework. *Journal of Process Control*, Pretoria, v. 18, p. 2-18, 2008.
- 2 CARVALHO, F. B. Estimação de Ganhos Financeiros em Projetos de Automação e Controle – Uma Proposta Metodológica e Estudos de Caso. 2010. 118p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.
- 3 SHUNTA, J. P. Achieving world class manufacturing through process control. New Jersey: Prentice Hall, 1995. 202p.
- 4 FRIEDMANN, P. G. Automation and control systems economics. 2. ed. North Carolina: ISA, 2006. 177p.