INSTITUCIONAL/IFSP	PROJETO DE PESQUISA
--------------------	---------------------

TÍTULO DO PROJETO: Estudo para classificação e avaliação da eficiência energética em processo industrial.												
Área do Conhecimento (Tabela do CNPq):	3	.	0	4	.	0	5	.	0	3	-	3

1. RESUMO

A indicação de desempenho quanto à eficiência energética pode ter influenciada por questões culturais, limitações técnicas e econômicas. É possível que, o mesmo cenário, ao ser analisado em abordagens distintas, apresente índices contraditórios e discrepantes para a eficiência energética. Quando abordagens, que consideram os mesmos dados de processo, apresentam resultados distintos e discrepantes há a imediata desconfiança dos indicadores e critérios de apuração/medição. Sendo assim, as discrepâncias, reforçam o contraditório e impossibilitam que as operações tenham um conjunto de indicadores de desempenho conciso e assertivo para o acompanhamento da planta e tomada de decisão gerencial. A proposta desta pesquisa busca identificar uma metodologia, baseada em mineração de dados, para a avaliação do processo industrial quanto à eficiência energética. Neste projeto de iniciação científica se pretende estudar diversos momentos de um mesmo cenário produtivo e avaliar, usando ferramentas de mineração de dados, a correlação do desempenho energético e a eficiência energética. Pretendemos também, junto aos fornecedores de hardware e software, viabilizar situações de simbiose consolidando convênios e parcerias no que tange a atualização técnica dos ambientes educacionais e de nossos docentes com tecnologias que hoje estão disponíveis e altamente empregadas nos novos projetos de automação industrial. Este trabalho é continuação de trabalhos anteriores, já concluídos, e está relacionado com outros em andamento, mas este trabalho tem como característica poder seguir de forma independente dos demais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os indicadores de desempenho para a eficiência energética pode ser sua definição influenciada por aspectos alheios a técnica. Existem dimensões técnicas e teóricas que podem influenciar de forma significativa a definição de metas para os indicadores. Cullen e Allwood (2010) trataram de aspectos importantes que devem ser considerados durante a definição de sistemas de medição de eficiência energética e acompanhamento de processos.

O objetivo da pesquisa é identificar, mensurar e propor um método para avaliação de desempenho energético de uma etapa produtiva (operação unitária) quanto a eficiência energética e indicador de desempenho. Uma ação anterior a este trabalho considerou a utilização de métodos multicritérios para a tomada de decisão, mas o agrupamento e seleção dos dados históricos foi tarefa árdua e improdutiva. Neste trabalho, continuando as atividades dos anteriores, a construção das premissas para a tomada de decisão será proposta com utilização de ferramentas para a mineração de dados a fim de dinamizar as atividades para o tratamento dos dados históricos.

A Mineração de Dados, *data mining*, é um processo de exploração para grandes volumes de dados para que anomalias, padrões e correlações para suportar a tomada de

decisões e proporcionar vantagens estratégicas. A Mineração de Dados se tornou popular a partir da utilização do termo Big Data que torna a mineração de dados como elemento central e responsável pela preparação e análise das massas de dados. A utilização da mineração de dados pode ser ferramenta fundamental para a seleção, agrupamento e classificação de massas de dados (DE CASTRO; FERRARI, 2016) e (KUMAR et al, 2009). Este trabalho procurará empregar as técnicas de mineração de dados para dados para tratar os dados históricos de um processo industrial quanto aos cenários de eficiência energética.

As estratégias de controle, de modo tradicional, tratam normalmente para o sistema de controle, componentes e ajustes que devem assegurar os limites técnicos de temperatura, pressão, vazão, nível ou outra variável de processo em condições compatíveis com o projeto da planta. Ganhos podem ser alcançados se, no momento dos projetos de controle, se tenha em mente que assegurar a eficiência energética pode trazer ganhos significativos (HONTY, 1976).

Os sistemas de controle de processo tradicionais não consideram em seu algoritmo contribuições do meio ambiente e correlações com as demais variáveis de processo, plano de produção (carga da unidade), fontes e custos de energia. Estes fatores são, de modo geral, em um processo produtivo, importantes para o acompanhamento operacional no que tange a eficiência operacional e rendimento do processo (CHANG, 2012; BÜCHNER, 1989; NEHMI, 1982).

De modo geral, nas plantas industriais, não há uma definição consolidada para um conjunto de indicadores de desempenho operacional de apuração instantânea, como eles devem ser definidos e quais pesos e análises devem ser fundamentados para o processo. A pesquisa terá como propósito verificar se há como estabelecer um método para escolha, ponderação e peso dos indicadores a partir da análise de dados históricos de uma operação unitária. O trabalho de Patterson (1996) será tomado como base teórica para a definição e escolha dos indicadores e as estratégias de mineração de dados serão tomadas como base quantitativa para a comparação para os dados históricos (VALETE, 2002; ZHANG, 2014; SENSIO, 2014).

As informações dos indicadores de desempenho dinâmicos, quando disponibilizadas para as equipes de operação em conjunto com ações de gerenciamento, podem facilitar a conscientização das operações ou até mesmo ações corretivas nos processos industriais sempre que necessárias (TAVARES; MONTEIRO, 2014).

Propostas para a busca da eficiência energética podem ser encontradas em diferentes abordagens e métodos (NGAI, 2013; KOO, 2014). Giacone e Mancò (2012) afirmam que existem questões importantes relativas à implantação de ações de eficiência energética que ainda precisam ser resolvidas. Sítios industriais com diversos fluxos de energia, diferentes combustíveis, que sofrem influência da taxa de produção de eficiência energética são exemplos de locais que demandam de mais esforço para que um programa possa ser implantado. Um quadro estruturado para definir e medir a eficiência energética de forma mais precisa foi proposto por Giacone e Mancò (2012).

Cahill e Gallachóir (2011) descreveram um método para qualificar, mensurar e acompanhar a eficiência energética em grandes consumidores de energia ao longo dos anos. Ações pontuais podem indicar o caminho a seguir, mas garantir a manutenção das

ações entre as ações pontuais fortalecem a atenção para os objetivos traçados. Um grupo de indicadores de desempenho pode contribuir para a manutenção do foco dos colaboradores envolvidos no projeto entre períodos de análise.

May et al. (2013), apresentam em seu trabalho um formato para uma visão gerencial da eficiência energética na produção e as relações entre as diversas frações do processo que será tomado como balizador para as premissas da aparato de avaliação.

Os cursos de automação possuem disciplinas voltadas para medição e controle de variáveis típicas dos processos industriais. O desenvolvimento de novas premissas de controle, barateamento dos recursos computacionais, desenvolvimento e aumento da flexibilidade dos medidores fizeram com que, cada vez mais sensores e medidores estejam presentes nas soluções de controle de processos industriais do polo industrial brasileiro.

Uma visão das necessidades de novas premissas para projetos de sistemas de controle de processos poderá fomentar uma reestruturação dos laboratórios e possibilitar agilidade na implantação e utilização de novas tecnologias ao docente a partir de uma visão abrangente dos recursos disponíveis no mercado bem como as formas de utilização dos mesmos. A disposição de tais informações poderá facilitar a ambientação de novos professores e promoverá a possibilidade de nivelamento das atividades aos docentes mais experientes.

A disciplina energia é por si só multidisciplinar e muito atual ora em função das necessidades de competitividade das indústrias (diminuição do custo operacional) ora por conta do efeito estufa e diminuição do consumo de recursos naturais. Diversos cursos de engenharia e gestão de energia foram ofertados nos últimos anos, mas há uma lacuna entre o processo produtivo e as malhas de controle de processo que pode ser abordado e trabalhado por esta pesquisa (WANG, 2016).

3. OBJETIVOS

Objetivo Geral

Identificar, mensurar e propor um sistema para avaliação de dados históricos quanto à eficiência energética e desempenho produtivo utilizando técnicas de mineração de dados.

Objetivos Específicos

- Estudo do processo e delimitação do cenário do trabalho;
- Definição e correlação das principais variáveis do cenário;
- Avaliação do histórico do processo produtivo classificando os períodos produtivos quanto ao seu desempenho energético;
- Avaliação dos resultados

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os sistemas de controle de processo tradicionais não consideram em seu algoritmo contribuições do meio ambiente e correlações com as demais variáveis de

processo, plano de produção (carga da unidade), fontes e custos de energia (vapor para a concentração do nitrato de amônio) (BUNSEA, 2011). As correlações destes fatores são, de modo geral em um processo produtivo, importantes para o acompanhamento operacional no que tange a eficiência operacional e rendimento do processo (CHANG, 2012; BÜCHNER, 1989; NEHMI, 1982).

Existem plantas produtivas que contam com sistema de gerenciamento e histórico das informações de processo e instrumentação suficiente para a gestão do processo produtivo. Uma operação unitária pode ter seu cenário controlado do ponto de vista tradicional, mas não disponibiliza aos operadores um conjunto de indicadores de desempenho operacional quanto à eficiência energética. A pesquisa terá como propósito verificar o registro histórico de um grupo de variáveis de processo de forma a estabelecer um cenário considerado conjunto de indicadores e método para escolha, ponderação, peso e apuração de indicadores.

Este trabalho está alinhado a atividades de doutorado e pesquisa em outras universidades. Um colaborador externo já foi contado e aceitou tomar parte nas atividades da pesquisa. Há vínculos definidos para o acesso aos dados históricos de processo de uma planta produtiva real para que o experimento possa ser realizado. Como condição de mitigação a alguma restrição dos dados históricos um cenário teórico para ser definido nos laboratórios do instituto de forma a sustentar as necessidades de análise de dados históricos.

O trabalho de Patterson (1996) será tomado como base teórica para a definição e escolha dos indicadores e o de Cullen e Allwood (2010) será tomado como base teórica para a definição dos limites de eficiência dos equipamentos. A metodologia de mineração de dados será tomada como base quantitativa para a análise dos dados históricos do processo classificando e identificando os períodos produtivos quanto ao seu desempenho energético. Os períodos identificados como de interesse podem ser tomados como base para o desenvolvimento do sistema de indicadores dinâmico de processo (VALETE, 2002; ZHANG , 2014; SENSIO, 2014).

5. PLANO DE TRABALHO

Tabela 5.1 Metas estabelecidas para a pesquisa.

METAS	DESCRIÇÃO
1	Pesquisa bibliográfica e levantamento de trabalhos similares
2	Estudo das características e dos sistemas de mineração de dados
3	Estudo do software e de outros que convenham a ser utilizados
4	Definir critérios e Coleta dos dados necessários para a avaliação
5	Relatório Parcial entrega até 06/07/18
6	Avaliação dos dados históricos do processo
7	Avaliação dos cenários classificados com relação ao processo produtivo
8	Análise dos resultados e elaboração dos relatórios
9	Relatório Final entrega até 30/11/2018

Tabela 5.2 Cronograma proposta para cumprimento das metas.

METAS	MESES								
	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
1	X	X	X						
2		X	X	X					
3			X	X	X				
4			X	X	X				
5					X				
6					X	X			
7						X	X		
8							X	X	
9									X

6. VIABILIDADE DE EXECUÇÃO

Para o desenvolvimento do projeto será realizado download de software livre para a mineração de dados e acesso aos equipamentos dos laboratórios do instituto (já existentes e disponíveis no Câmpus).

Não há necessidade de aquisição de equipamentos ou de verbas além da bolsa auxílio ofertada e já há definição de um colaborador externo para apoio as atividades.

Existem alguns alinhamentos com universidades, empresas e fornecedores para acesso aos dados, empréstimo de equipamentos e dispositivos para o enriquecimento dos cenários dos testes. Notar que estes equipamentos não são fundamentais para o andamento padrão dos experimentos. Eles apenas enriqueceriam e diversificariam a produção de resultados (a falta destes não impediria a realização da pesquisa).

7. RESULTADOS ESPERADOS E DISSEMINAÇÃO

É esperado que o conhecimento sobre a tecnologia de mineração de dados e sua aplicação em projetos de controle de processos seja disseminado no instituto de origem (que possui cursos voltados às áreas da automação e informática) e em congressos através de pôsteres e palestras. Assim como que os resultados do projeto possam contribuir com material científico para aperfeiçoamento da tecnologia, através de roteiros para testes e uma apostila descrevendo todas as etapas pra instalação do software, tratamento dos dados e realização dos testes.

Como inovação é esperada que a definição de possibilidades para a aplicação da mineração de dados na definição de estratégias de controle de processo seja estabelecida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÜCHNER, W. et al. **Industrial Inorganic Chemistry**. Nova Iorque: VCH, 1989, p. 55 a 69. ISBN 0895736101.

BUNSEA, K.; VODICKAA, M.; SCHÖNSLEBENA, P.; BRÜLHARTB, M.; ERNSTB, F. O. Integrating energy efficiency performance in production management – gap analysis between industrial needs and scientific literature, **Journal of Cleaner Production**. v.19 p. 667 - 679, mai. de 2011.

CAHILL, C. J.; GALLACHÓIR, B. P. Quantifying the savings of an industry energy efficiency programme, **Energy Efficiency**, v. 5, p. 211 – 224, mai. de 2011.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. **Química**, Nova Iorque: Mc Graw Hill, 2012, ed. 11, p. 1123. ISBN: 9780073402680.

CULLEN, J. M.; ALLWOOD, J. M. Theoretical efficiency limits for energy conversion devices. **Energy**, v. 35, p. 2059–2069, mai. de 2010.

DE CASTRO, L. N.; FERRARI, G. D.: Introdução A Mineração De Dados - Conceitos: Básicos, algoritmos e aplicações. São Paulo, Saraiva Editora, 1. ed. p.376, 2016

GIACONE, E.; MANCÒ, S. Energy efficiency measurement in industrial processes, **Energy**, v. 38, p. 331 - 345, jan. de 2012.

HONTY, G. D. **The nitrogen industry**. Budapeste: Akademiai Kiado, 1976, P. 449 - 508.

KOO, C.; HONG, T.; LEE, M.; PARK, H. S. Development of a new energy efficiency rating system for existing residential buildings. **Energy Policy**, v. 68, p. 218 – 231, fev. de 2014.

KUMAR, V.; STEINBACH, M.; TAN, P.: Introdução ao Data Mining: Mineração de Dados. Ciência Moderna, 1. ed. p. 928, 2009

MAY, G.; TAISCH, M.; PRABHU, V. V.; BARLETTA, I. Energy Related Key Performance Indicators – State of the Art, Gaps and Industrial Needs. [Advances in Production Management Systems. Sustainable Production and Service Supply Chains](#), v. 1, p. 257-267, set. de 2013.

NEHMI, V. A. **Química Inorgânica Metais e Não-Metais**. São Paulo – SP: DISAL, 1982, p. 260.

NGAI, E. W. T.; CHAU, D. C. K.; POON, J. K. L. e TO, C. K. M. Energy and utility management maturity model for sustainable manufacturing process. **International Journal of Production Economics**, v. 146, p. 453 – 464, dez. de 2013.

PATTERSON. M.G. What is energy efficiency? **Energy Policy**, v. 24, p.355-390, 1996.

SENCIO, R. R.; COSTA, T. V.; SILVA, F. V. **Desenvolvimento de uma ferramenta para aplicação experimental e avaliação de estruturas de controle avançado**. X Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica. Blucher Chemical Engineering Proceedings. Dezembro de 2014.

TAVARES, F. V.; MONTEIRO, L. Universidade Federal de Santa Catarina, Grupo de engenharia do produto e processo. Indicadores de eficiência energética na indústria de fertilizantes de amônia. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v.9, n.2, p. 216- 223, 2014.

VALETE, Em busca por um número ótimo. *Revista Controle & Instrumentação – Edição nº 72 – São Paulo - SP*. Agosto de 2002.

WANG, F.; CHEN, A. **Energy Management Handbook**, BSR, abril de 2012. P. 1-50. Disponível em: <<http://www.bsr.org/reports/bsr-energy-management-handbook.pdf>> acesso em 27 de out. de 2017.

ZHANG, J.; ZHOU, Y.; WANG, R.; XU, J.; FANG, F. Modeling and constrained multivariable predictive control for ORC (Organic Rankine Cycle) based waste heat energy conversion systems, *Energy*, v. 66, p. 128–138, janeiro de 2014.