

METODOLOGIA DE ENSINO INOVADORA NO CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIA DA PUC MINAS: UM TRABALHO ACADÊMICO CURRICULAR

Raiene Santana dos Santos – raienesantana@hotmail.com

PUC – Minas, Engenharia de Energia

Rua Dom Lucio Antunes, 965/201

30535630 – Belo Horizonte - MG

Prof. Orientador Otávio Avelar Esteves – otavio@pucminas.br

PUC - Minas, Engenharia de Energia

Av. Dom José Gaspar, 500 Coração Eucarístico

30535901 – Belo Horizonte - MG

Resumo: *Propondo uma nova visão do ensino de engenharia, o curso Engenharia de Energia da PUC Minas adota um modelo de aprendizagem centrado na elaboração de projetos em todos os períodos, cuja finalidade é contextualizar, articular e significar os conteúdos das disciplinas curriculares, na solução de uma situação problema real identificada, ou proposta, pelos alunos. No presente projeto, foi analisada uma gestão de energia em uma siderúrgica, tal qual a elaboração de cenários, propiciando projeções de demanda em energia elétrica e como solução a esta necessidade do insumo eletricidade, foi proposta a implantação de um empreendimento hidrelétrico visando o suprimento de energia da empresa, almejando geração de renda pela eficiência de processo e a comercialização de energia com a concessionária local.*

Palavras - chave: Ensino de Engenharia, Siderúrgica, Cenário, Produção e Energia

1. INTRODUÇÃO

Os empregadores têm reclamado da incipiente preparação para o imediato exercício profissional dos engenheiros recém-formados que lhe são entregues pela academia. O atual presidente da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG, Dr. Olavo Machado Júnior, frequentemente afirma que a empresa leva de dois a três anos para “formar” um engenheiro recém-formado. A Confederação Nacional da Indústria – CNI, por sua vez, provocou a comunidade acadêmica, em 2006, colocando em discussão, a partir do COBENGE daquele ano, o documento “Inova Engenharia”, que destaca a necessidade da expansão da graduação de engenheiros no País e aponta várias deficiências existentes na formação dos engenheiros no Brasil.

Está aumentando, no seio da comunidade acadêmica do País, a percepção da necessidade de se evoluir o ensino da engenharia. Diversos são os eventos, com destaque para os COBENGE, que tratam de temas relativos ao assunto, demonstrando a preocupação crescente. No entanto, parece que as discussões travadas ainda não “mergulharam” suficientemente ao nível das raízes do problema. É fácil constatar que, no meio estudantil, há uma percepção recorrente de que os cursos de engenharia têm-se tornado insípidos e desestimulantes, principalmente nos primeiros anos. Há uma tendência, no meio docente, de se atribuir isto ao

descompromisso e ao mal preparo crescentes dos ingressantes nos cursos de engenharia.

De nossa parte, entendemos que o ensino de engenharia vive uma crise, que só poderá ser superada a partir de estudos profundos a respeito. Várias são as contradições que se pode verificar nesse âmbito, quando se avalia mais detidamente a realidade.

Há duas décadas um grupo de professores da PUC Minas vem estudando epistemologia e novos paradigmas da Ciência, com o objetivo, principalmente, de procurar entender os problemas que afligem o ensino da engenharia. A partir disto, desenvolveu-se, no âmbito da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas, um movimento que resultou na criação de um novo curso, Engenharia de Energia, que tem a presunção de promover profundas mudanças no ensino. Através desse Curso, cuja primeira turma formou-se ao final do ano de 2011, realizam-se experiências inovadoras no processo ensino-aprendizagem, apoiadas na epistemologia da complexidade, que já permitem afirmar que se está trilhando um caminho muito profícuo. Diversos são os casos de sucesso que os ex-alunos têm alcançado no mercado de trabalho. Cabe destacar, a este respeito, um trecho do relatório de avaliação do curso, emitido em maio de 2011, pelos avaliadores, que, em nome do MEC, visitaram a Universidade, com fins de reconhecimento do Curso. Naquele relatório, afirmam:

“... O curso apresenta uma estrutura curricular inovadora, baseada em atividades integradoras... É uma iniciativa audaciosa, pioneira no ensino de Engenharia no Brasil, e pode fornecer informações importantes para a construção de projetos pedagógicos mais modernos...”

Uma das características inovadoras do Curso, indiretamente ressaltada pelos avaliadores do MEC, é a existência, em todos os períodos, de uma transdisciplina (Trabalhos Acadêmicos Integradores - TAI) ministrada, em uma sala provida com mesas redondas para trabalhos compartilhados e desprovida de quadro, simultaneamente por três professores de formações e experiências diferentes, cujo objetivo é o desenvolvimento de projetos, nos quais o uso dos conteúdos das disciplinas do período, assim como dos anteriores, são necessidades essenciais ao pleno êxito do trabalho.

O presente projeto, desenvolvido na disciplina TAI do oitavo período, discute a proposição de uma gestão de energia elétrica, aplicada a uma siderúrgica real, que por razões éticas, não terá seu nome mencionado. Os pilares que norteiam esta discussão são o levantamento do perfil de fluxo energético apresentado pela unidade selecionada, a busca por alternativas energéticas que permitam ganhos em eficiência e financeiros, bem como a identificação dos desdobramentos socioambientais das medidas adotadas.

Em suma o presente projeto consiste na identificação das tecnologias energéticas que possam ser implantadas na tentativa de ampliar a capacidade de geração da própria usina, e, por conseguinte, reduzir a exposição da empresa ao mercado de compra de energia da concessionária local.

Dadas as limitações inerentes a um artigo científico e, especificamente, a restrição do número de páginas estabelecidas pelo COBENGE, apresenta-se nos capítulos subsequentes apenas uma síntese do que foi o trabalho desenvolvido e defendido perante a banca do TAI VIII, no Curso de Engenharia de Energia da PUC Minas.

2. JUSTIFICATIVA

A escolha da empresa como objeto de estudo deste projeto, baseia-se na relevância que o insumo energia apresenta nos custos produtivos em siderúrgicas e na dimensão da empresa. Estudos indicam que aproximadamente 5% do preço do produto final desse tipo de indústria são relativos a custos com energia.

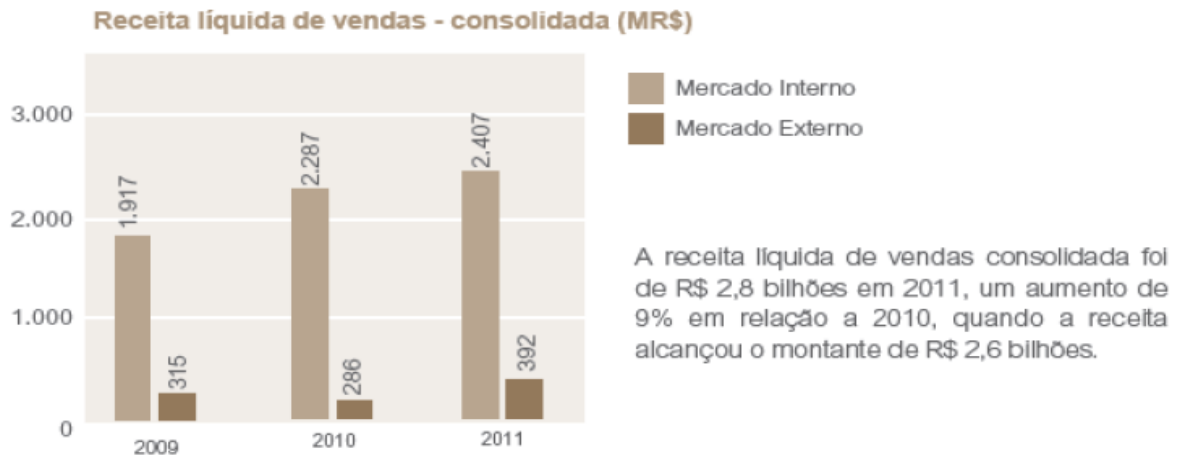
O suprimento energético confiável e compatível com o perfil de consumo da usina depende não apenas da seleção dos melhores recursos, mas também da predisposição da companhia em investir. A decisão de propor um gerenciamento da energia consumida pela empresa, que contabiliza a possibilidade de expansão do parque gerador e também reconhece a existência de um enorme potencial para adoção de medidas de efficientização, valoriza uma administração norteada pela sustentabilidade. Não obstante, gerenciar a energia de tal maneira que se possa obter contenção de custos e ampliação da eficiência operacional, pode ser um diferencial na formação de preços dos produtos disponibilizados ao mercado. Seguramente, a combinação de todos os fatores mencionados anteriormente legitima a proposição deste projeto.

A necessidade de promover ganhos de competitividade à empresa com a menor exposição possível aos impactos socioambientais oriundos destas tomadas de decisão é o próprio cerne da discussão. Afinal, pretende-se a adoção de políticas que demonstrem o engajamento da empresa não apenas com o seu negócio, mas também com as questões sociais e ambientais inerentes às medidas delineadas.

3. CARACTERIZAÇÃO

A siderúrgica possui capacidade de produção em torno de 600 mil toneladas de aço por ano. O portfólio de produtos, serviços e soluções oferecidos buscam atender ao mercado petrolífero, automotivo, estrutural, industrial e de energia. Em 2011, 77% da energia consumida na usina foram provenientes de fontes renováveis, devido ao uso de carvão vegetal e a reutilização do gás de alto forno para geração de energia numa Usina Termelétrica já em operação na planta da empresa. A potência instalada desta térmica é de aproximadamente 13 MW e seu fornecimento representou 32% das necessidades da siderurgia em 2011. Além de significar uma busca pela auto-suficiência energética, o uso dessa fonte permite disponibilizar a energia excedente para outros usuários, conforme parceria com a Companhia Energética do Estado de Minas Gerais (CEMIG). O Gráfico 1, demonstra a receita líquida da siderúrgica, entre os anos de 2009 e 2011, no qual houve uma retomada pós-crise internacional.

Gráfico 1- Receita líquida de vendas - consolidadas



Fonte: Relatório de Sustentabilidade

4. METODOLOGIA

Seguindo as ementas do projeto da disciplina TAI, é necessário estabelecer uma articulação dos conteúdos das disciplinas cursadas, através da elaboração de projetos de engenharia. A proposta de interação das disciplinas no projeto está explicitada na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação do projeto com as disciplinas

Disciplina	Proposta
Gestão de Energia	Criar um documento que apresenta a metodologia de um estudo de eficiência energética no setor elétrico
Centros de Produção de Eletricidade	Dimensionar um sistema de parque gerador, analisando o mercado consumidor, determinando o fator de produtividade
Formulação de Cenários e Análise Prospectiva	Elaborar cenário constando a situação da empresa quanto a sua produção e consumo de energia para o ano de 2022
Termoeconomia	Elaborar um custo termoeconômico da PCH proposta
Legislação Ambiental e da Energia	Promover um levantamento de todas as leis ambientais pertinentes ao empreendimento proposto
Planejamento Energético	Analisar o mercado de energia em que se está inserido o empreendimento
Probabilidade e Estatística	Desenvolver análises estatísticas, estipulando um intervalo de confiança das vazões mensuradas
Engenharia Econômica	Elaborar Fluxo de caixa, "Payback" e tempo de retorno do empreendimento

Fonte: Elaborado pelo autor

Para realizar a proposição de um empreendimento que propicie à siderúrgica economia proveniente da diminuição de recursos despendidos com a compra de energia elétrica, analisaram-se quais clientes eram fundamentais para a manutenção e crescimento da produção da empresa, considerando-se a taxa de crescimento anual da economia brasileira e a taxa de

crescimento anual de seus principais clientes. A partir destes dados foi traçado um cenário econômico com perspectivas até o ano de 2022.

De posse das possibilidades de produção atinentes ao estudo realizado, propôs-se uma ampliação da capacidade de geração elétrica. Para a unidade em questão, as duas alternativas, de geração de energia elétrica, mais adequadas para atendimento das necessidades, impostas pelos cenários delineados, foram a Termelétrica e a PCH. Após estudo comparativo, que levou em conta custos, disponibilidade de mão de obra, de combustíveis, de espaço físico e os impactos socioambientais, dentre outros; a geração via PCH foi escolhida como fonte geradora para suprir parte da demanda estipulada.

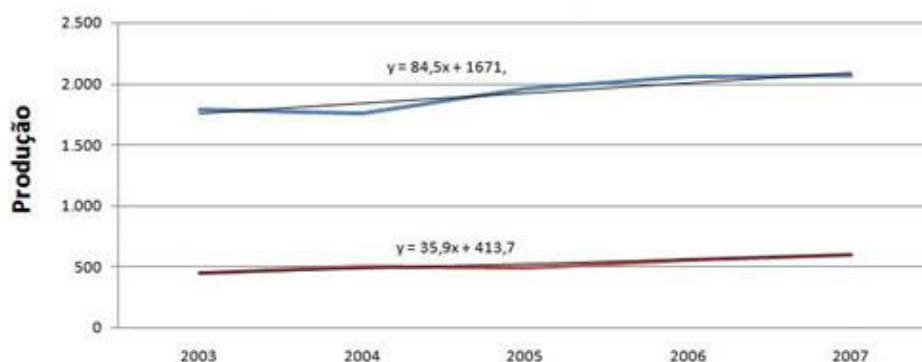
O próximo passo foi então selecionar um local adequado para a implantação do empreendimento. Nesta escolha consideraram-se fatores geográficos e hidrológicos, como índice da qualidade da água, bacia do recurso hídrico, potencial hidrelétrico, etc. Após definição da cidade onde o empreendimento de geração seria instalado considerou-se também quais tecnologias inovadoras poderiam ser aplicadas ao projeto, assim como as medidas mitigadoras para diminuição de impactos ambientais e sociais. Também se considerou toda a legislação pertinente para que a usina proposta entrasse em operação, além da definição de custos de investimento, retorno de capital e economia gerada para a siderúrgica.

5. FORMULAÇÃO DE CENÁRIO

Para fazer o gerenciamento energético da siderúrgica, foi necessário definir seu respectivo cenário quanto à produção e o consumo de energia para o ano de 2022.

Constataram-se quais as tendências do mercado dos principais clientes, empresas do ramo petrolífero, e associou-se a tendência do mercado petrolífero com o aumento de sua produção como representado no Gráfico 2, onde a curva azul representa a produção de petróleo pela Petrobrás e a curva vermelha representa a produção total de produtos da empresa. Como se pode perceber, foi possível correlacionar os dois mercados.

Gráfico 2 - Produção de Petróleo vs Produção de Produtos em Aço



Fonte: Elaborado pelo Autor

Depois de analisar o futuro do mercado petrolífero com o mercado de produtos da empresa, pôde-se chegar a uma importante definição para a caracterização de cenários, que é

a consideração de que a produção siderúrgica em 2022 deve estar em seu limite máximo, ou seja, sua capacidade total. A projeção para 2020 já estaria exigindo da empresa uma produção maior do que a atual, como mostra a Tabela 2 a seguir.

Tabela 2- Projeção para (2010 - 2020)

Projeção para siderúrgica (2010 -2020)			
Projeção	Petrobras (mil boep)	Siderúrgica (mil toneladas)	Razão
1	276	117	2,35
2	2.338	465	
2020	5.097	1.625	
<i>Obs: 2010 = ano 0</i>			

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a elaboração dos cenários futuros então, levaram-se em consideração três fatores. No primeiro considerou-se que a siderúrgica estudada não sofrerá ampliação, pois estima-se que em 2022 a produção fica limitada à sua capacidade instalada, que é de 600 mil toneladas de produtos de aço. Segundo, considerou-se que a unidade termelétrica possui uma variação no seu fator de utilização dependendo de cada um dos cenários propostos. Por último estipulou-se que o processo sofreria uma eficiência, o que afeta na quantidade de energia necessária para gerar os produtos. A Tabela 3 a seguir mostra os valores adotados para cada parâmetro usado na elaboração dos três cenários propostos.

Tabela 3 - Projeção de Cenários

Entrada de dados para definição específica de um cenário em 2022			
Cenários	Pessimista	Conservador	Otimista
Parâmetros			
Meta de produção (mil toneladas/ano)	485,00	600,00	600,00
Fator de utilização anual da UTE (%)	54%	79%	98%
Metas para eficiência energética (%)	0%	10%	20%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Definidas as premissas do trabalho, e levando-se em consideração os valores de produção e consumo dos anos de 2006 a 2010, geraram-se três possibilidades de cenários, um pessimista, um conservador e um otimista, que estão evidenciados na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Hipóteses dos cenários futuros

Cenários da Produção e Consumo de energia elétrica para 2022			
	Pessimista	Conservador	Otimista
Produção (mil toneladas)	485	600	600
Consumo Específico (kWh/tonelada)	645	581	516
Geração Anual UTE (MWh)	54.144	79.211	98.322
Consumo Anual de Energia Elétrica (MWh)	312.825	348.300	309.600
Déficit Anual de Energia Elétrica (MWh)	258.681	269.089	211.278
Demanda Projetada (MW)	29,53	30,72	24,12

Fonte: Elaborado pelo autor

Por apresentar um coeficiente de variância mais homogêneo, optou-se por utilizar o cenário conservador como o esperado para o ano de 2022, portanto todo o desenvolvimento do projeto a partir deste ponto leva em consideração os valores definidos na tabela acima.

6. DEMANDA PROJETADA

Estudos demonstraram que houve uma boa correlação entre a projeção do consumo de energia elétrica pela siderúrgica e sua produção, o que não foi suficiente para definir a produção futura no ano de 2022. Em vista deste entrave foram levantados dados do setor petrolífero, por representar o maior mercado consumidor desta empresa, para estabelecer uma correlação entre a demanda e a produção, para a partir de então estimar a demanda de energia da siderúrgica. O único dado futuro encontrado foi o de produção de petróleo estimada para 2020 da Petrobras definido em seu Plano de Negócios.

Ressalte-se que três variáveis de extrema relevância nortearam a montagem da planilha: a meta de produção de produtos em aço, o consumo elétrico promovido por essa produção e a geração da UTE já instalada na siderúrgica estudada. Com base nestes dados, correlacionou-se o número instalações da Petrobrás, que se utiliza de produtos desta siderúrgica, com a produção da mesma, chegando, por fim, à indicação da demanda de energia elétrica da Usina em 2022. O resultado obtido apresenta-se resumido na Tabela 5:

Tabela 5 - Demanda projetada para 2022

CENÁRIOS FUTUROS - 2022 (Conservador)	
META DE PRODUÇÃO	600.000 tonelada/ano
FATOR DE UTILIZAÇÃO DA UTE	79 %
EFICIENTIZAÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA	10 %
CONSUMO ESPECÍFICO	564,82 kWh/tonelada
CONSUMO ANUAL DE ENERGIA ELÉTRICA	338.893 MWh
DEMANDA ANUAL DE ENERGIA ELÉTRICA	38,69 MW
GERAÇÃO UTE	79.211 MWh
DÉFICIT ANUAL DE ENERGIA ELÉTRICA Compra CEMIG	259.682 MWh
ECONOMIA DE ENERGIA GERADA PELA PCH	114.493 MWh
COMPRA CEMIG 2022 COM PCH	145.189 MWh
REDUÇÃO DE COMPRA DE ENERGIA ELÉTRICA DA CEMIG	44 %

Fonte: Elaborado pelo autor

7. DIMENSIONAMENTO DA PCH

No dimensionamento da PCH foi determinado que ela estivesse localizada num trecho situado à jusante das UHE's Camargo e Itutinga, com uma queda de aproximadamente 17 metros, permitindo uma geração ligeiramente inferior a 25MW. A geração de energia de uma usina hidráulica depende principalmente de dois fatores, que são a altura da queda e o regime de vazões do rio. As futuras vazões, foram estipuladas em projeções estatísticas, baseadas nas vazões dos últimos 10 anos, extraídas de relatório do ONS (Operador Nacional do Sistema), com um intervalo de confiança de 90%. Estas vazões estão representadas na Tabela 6:

Tabela 6 - Vazões ONS projetadas para 2022

MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
VAZÃO MÉDIA (m³/s)	225,80	202,20	171,60	119,40	88,50	73,50	65,00	54,20	56,60	65,80	105,60	185,10

Fonte: Elaborado pelo autor

Estes valores indicam que o rio possui uma grande variação sazonal de sua vazão, o que influencia diretamente na geração de energia, pela central proposta. A produção da siderúrgica, de acordo com o cenário conservador, só alcançará sua produção máxima em 2022 o que possibilita uma possível comercialização, no mercado de energia, do excedente produzido nos anos pós-construção até 2022.

Realizado o dimensionamento da PCH, é necessário definir o modelo da turbina utilizada no empreendimento. Esta escolha é analisada primeiramente a partir da queda e potência, que neste projeto são queda de 17 metros e potência de 25MW, definiu-se então adotar para o empreendimento duas turbinas Kaplan Sam. Este modelo escolhido adequa-se a classificação

de baixa queda, que vai de 6 e 30 metros. Como a potência unitária deste modelo varia entre 5 a 15 MW, justifica-se a utilização das duas unidades.

8. ANÁLISE ECONÔMICA

Para análise econômica da PCH proposta, considerou-se os custos de construção, levando-se em conta os custos com projetos, obras civis, equipamentos elétricos e equipamentos mecânicos. O custo considerado com a obra equivale a cerca de R\$40.000.000,00, o tempo de construção seria de 3 anos, a produção média seria de 13 MW e a economia proporcionada à siderúrgica, em energia, seria de cerca de 114.000 MWh/ano. Com essa informação e considerando outros fatores listados na Tabela 7 a seguir, elaborou-se um fluxo de caixa, representado na Figura 1:

Tabela 7 - Características do empreendimento proposto

CARACTERÍSTICAS PCH		
INVESTIMENTO	39.773.450,00	R\$
VIDA ÚTIL (anos)	25,00	anos
MÃO DE OBRA & OPERAÇÃO	165.722,71	R\$/mês
	1.988.672,50	R\$/ano
CUSTO DO CAPITAL		10%
IMPOSTOS		20%
TEMPO DE CONSTRUÇÃO	3,00	anos
ENERGIA MÉDIA	13,00	MWmédio
ECONOMIA GERADA	113.880	MWh/ano
TARIFA CEMIG (energia)	0,09	R\$/kWh

Fonte: Elaborado pelo Autor

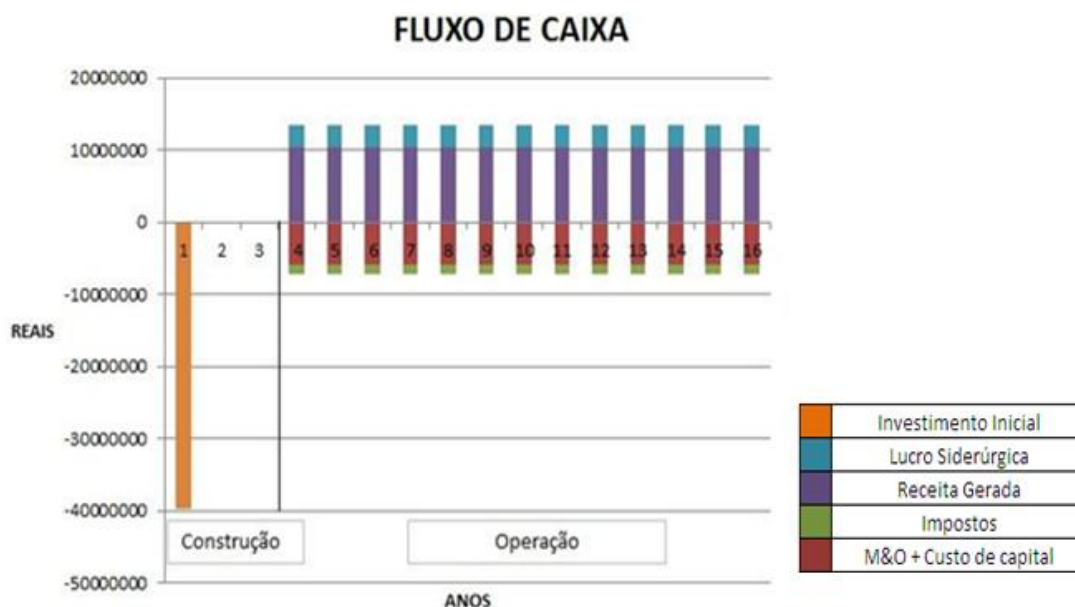


Figura 1 - Fluxo de Caixa

Fonte: Elaborado pelo Autor

Considerando as variáveis do fluxo de caixa e um montante trabalho da planta de 7800 horas/ano, com uma taxa de avaliação econômica de 10% a.a, foi possível encontrar um “payback” de aproximadamente 9 anos, o que significa que em 9 anos a empresa terá todo o seu investimento ressarcido.

9. Análises Termoeconômicas

Analisando a configuração de um empreendimento hidrelétrico é possível analisar onde estarão os pontos de ganhos exergéticos¹ com o processo. Para cada trecho onde estão destacados os quadros vermelhos na Figura 2 a seguir, pode-se fazer a análise exergética.

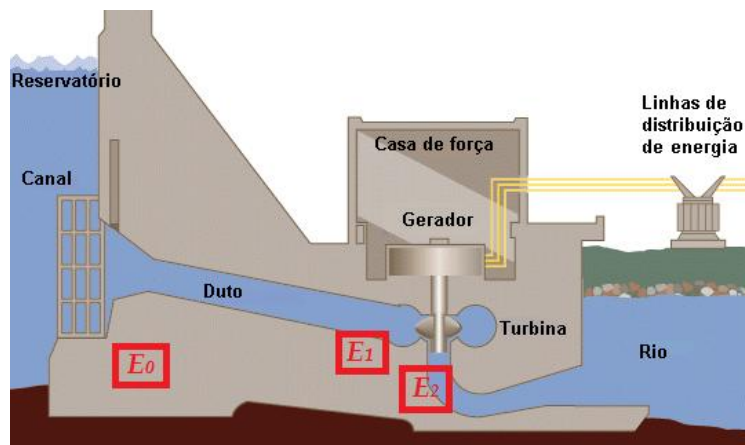


Figura 2 - Análise exergética de trechos na PCH
Fonte: Brasil Escola/Elaborado pelo Autor

Analisando-se os pontos marcados em vermelho: O ponto E0 possui energia potencial gravitacional, pois indica queda proveniente do reservatório. O ponto E1 possui energia potencial, cinética, mais perdas de carga com a tubulação. E o ponto E2, de acordo com as Leis de Newton é igual ao trabalho realizado pela turbina menos a energia potencial de E1. A Tabela 8 demonstra os resultados obtidos pelas aplicações:

¹Exergia é uma propriedade de estado definida, em decorrência da Segunda Lei da Termodinâmica, que representa a verdadeira disponibilidade energética de um sistema, ou seja, é o trabalho máximo útil extraível de um sistema.

Tabela 8- Análises termodinâmicas PCH

Análises Termodinâmicas Central Hidrelétrica	
E0	22158 kW
E1	21605 kW
Perda de Carga na tubulação	0,42m
Trabalho da Turbina	25000 kW
E2	3395 kW
Eficiência Total	81%
Eficiência Turbina	85%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para auxiliar o entendimento das perdas e o trabalho exercido pela turbina, foi montado o diagrama de Sankey, que segue na Figura 3:

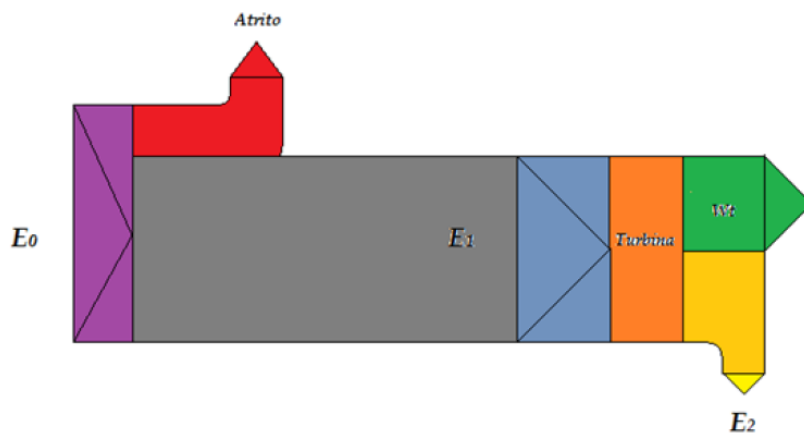


Figura 3- Diagrama de Sankey

Fonte: Elaborado pelo Autor

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs um empreendimento hidrelétrico que propiciasse a siderúrgica analisada aumentar sua auto geração de energia elétrica, levando em consideração uma gama variada de considerações técnico-científicas, mantendo-se o foco econômico, que é, afinal, o verdadeiro papel do engenheiro. Para tal objetivo, desenvolveu-se uma série de estudos do qual se pode concluir que, no caso, existe uma forte relação entre a produção de produtos em aço e a produção do setor petrolífero. Se o mercado desses produtos acompanhar o crescimento do mercado de extração petrolífera, a atual planta siderúrgica teria de trabalhar em sua capacidade máxima, e mesmo assim não conseguiria suprir toda a demanda. A empresa portanto, deve tomar esta realidade como um sério indicador para a sua definição de estratégias de ação no mercado, uma vez que indicadores de que o mercado de exploração de petróleo no País tende a sofrer significativa expansão nos próximos anos.

Definindo a premissa de que não ocorrerá ampliação da planta, que a usina termelétrica já em funcionamento na empresa funcione de acordo com sua média histórica e que a siderúrgica passe por um processo de efficientização, identificou-se o total da energia que seria comprada, ou seja, o alvo a ser atingido. Para tal situação, propôs-se a criação de uma PCH respeitando todas as legislações ambientais previstas. Com isto a empresa conseguiria uma economia financeira futura, além de ganhos adicionais decorrentes da possibilidade de negociação do excedente com a concessionária local.

Em linhas gerais, o estudo acadêmico que objetivava propor medidas sustentáveis de melhoria econômica financeira com o insumo energia para a siderúrgica, alcançou pleno êxito, e o aprendizado dos conteúdos das disciplinas envolvidas funcionou como um “efeito colateral” do trabalho realizado.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abinee. (s.d.). Acesso em 2012, disponível em ABINEE:
<http://www.tec.abinee.org.br/2007/arquivos/s1203.pdf>

Boarati, J., Shayani, R., Galvão, L., & Miguel. (1998). Hidrelétricas e Termelétricas a Gás Natural - Estudo Comparativo Utilizando Custos Completos. p. 6.

Brasil. (s.d.). Acesso em 2012, disponível em Agência Nacional de Energia Elétrica:
<http://www.aneel.gov.br/>

Ebah. (s.d.). Trabalho sobre as Pequenas Centrais Hidreletricas. Acesso em 2012, disponível em EBAH: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAA-kQAL/trabalho-sobre-as-pequenas-centrais-hidreletricas>

Editora Abril. (s.d.). Exame. Acesso em 2012, disponível em Site da revista Exame:
<http://exame.abril.com.br/>

IGAM. (2007). Relatório Bacia do Rio Grande .

Kaplan. (s.d.). Acesso em 2012, disponível em Kaplan: <http://www.kaplan.com>

Portal PCH. (s.d.). Tecnologias e Ordering. Fonte: Portal PCH:
http://www.portalpch.com.br/index.php?searchword=tecnologias&ordering=&searchphrase=all&Itemid=1&option=com_search

TrellborgSealingSolutions. (s.d.). Acesso em 2012, disponível em TrellborgSealingSolutions:
http://www.tss.trelleborg.com/br/pt/industries_1/propulsionechnology_1/applicationexamples_8/geracaodeenergia/turbinakaplan/turbina-kaplan.html

Unifei. (s.d.). Fonte: Cer PCH:
<http://www.cerpch.unifei.edu.br/arquivos/revistas/45/pag06a09.pdf>