

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA USINA TERMELÉTRICA COM COGERAÇÃO PARA SUPRIR AS DEMANDAS TÉRMICA E ELÉTRICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Danilo da Silva, silva.danilo@ufba.br¹

Saulo Fernandes Pimentel, saulofpimentel@gmail.com²

Laurenço Gobira Alves, lgobira@gmail.com³

¹Universidade Federal da Bahia, R. Prof. Aristίδes Novis, 2 - Salvador - BA, 40210-630 – Secretaria do DEM 5º andar,

²Universidade Federal da Bahia, R. Prof. Aristίδes Novis, 2 - Salvador - BA, 40210-630 – Secretaria do DEM 5º andar,

³Universidade Federal da Bahia, R. Prof. Aristίδes Novis, 2 - Salvador - BA, 40210-630 – Secretaria do DEM 5º andar,

Resumo: Este trabalho propõe o estudo de viabilidade econômica de uma planta de cogeração que produziria eletricidade e água fria para suprir as demandas energéticas do prédio da Escola Politécnica da UFBA. Para tanto, foi realizada, de forma simplificada, o levantamento da carga térmica da faculdade. Em seguida, apresentam-se três propostas de melhoria; duas envolvendo sistemas de cogeração e outra oferecendo um sistema de refrigeração central por absorção. Para a viabilidade dos sistemas de cogeração desse trabalho, foi essencial o enquadramento às normas que regem o sistema de compensação de energia instauradas pela ANEEL. Finalmente, uma análise de viabilidade econômica de duas propostas é apresentada com o intuito de avaliá-las sobre o aspecto econômico. Ambas as propostas analisadas se apresentaram atraentes financeiramente, expondo valores de VLP, TIR e Payback atrativos.

Palavras-chave: Carga térmica, cogeração, Escola politécnica, UFBA, viabilidade econômica.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Energia Elétrica no Brasil

No Brasil, o custo relativamente baixo da eletricidade e a abundância de recursos hídricos limitaram, por certo tempo, uma maior utilização de termoeletricas no país. Todavia, a redução da oferta hídrica e o aumento da demanda no setor elétrico tem trazido viabilidade para os sistemas termelétricos nacionais.

A Escola Politécnica da UFBA é um prédio que dentre salas de aula, laboratórios e escritórios, conta com mais de 200 ambientes. Atualmente, a escola encontra-se em precárias condições no que tange o conforto térmico, e ainda assim, apresenta um consumo significativo de eletricidade. Dessa forma, pode-se considerar relevante a instalação de um sistema de cogeração no estabelecimento.

1.2. Regulamentação

A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), por sua vez, tem buscado mitigar as desvantagens atreladas à cogeração, fomentando a implementação de seus sistemas através de resoluções que regulamentam o sistema de compensação de energia.

O sistema de compensação de energia, introduzido pelas Resoluções da ANEEL, tornou viável a implantação de micro geração distribuída. Anteriormente, a microgeração e minigeração eram fortemente desencorajadas e realizadas somente em sistemas isolados ou de forma clandestina.

1.3. Gás Natural e Cogeração

A política energética tem fomentado a diversificação da matriz energética e, particularmente, a ampliação do gás natural.

A geração termelétrica a gás natural é a que tem apresentado mais competitividade em relação à geração hidrelétrica, apesar da energia de hidroelétricas ainda ser mais barata. Dessa forma, a geração termelétrica tem ganhado espaço no setor elétrico brasileiro (LORA, E., NASCIMENTO, M., 2004).

Na Bahiagás, consumidores comerciais que utilizem o gás natural como combustível num ciclo de cogeração possuem uma tarifa diferenciada, o preço por metro cúbico de gás natural chega a ser 11,3% mais barato em relação a consumidores comerciais.

2. METODOLOGIA

O ponto de partida deste projeto foi o levantamento da carga térmica de todo o prédio em análise. Posteriormente, buscou-se enquadrar um sistema de cogeração às demandas térmicas e elétricas do estabelecimento. Para isso, motores geradores e chiller por absorção são analisados.

2.1. Levantamento da Carga Térmica do Prédio

O cálculo da carga térmica deste projeto baseou-se na Norma NB-158 da ABNT e prevê fatores simplificados para cada categoria que contribui com a carga térmica. Portanto, a carga térmica foi estimada levando em conta todos os aspectos relevantes de cada ambiente juntamente com suas respectivas localizações geográficas. A Tabela 1 abaixo resume os valores de carga térmica encontrados por andar do prédio e a carga total.

Tabela 1. Resultados obtidos de carga térmica por andar

	Carga Térmica	
1º Andar	407.904 BTU/h	34,0 TR
2º Andar	275.747 BTU/h	23,0 TR
3º Andar	349.998 BTU/h	29,2 TR
4º Andar	425.756 BTU/h	35,5 TR
5º Andar	608.460 BTU/h	50,7 TR
6º Andar	700.837 BTU/h	58,4 TR
7º Andar	697.949 BTU/h	58,2 TR
8º Andar	257.334 BTU/h	21,4 TR
Total	3.723.985 BTU/h	310,3 TR

2.2. Ciclo de Refrigeração

Com base na carga térmica total calculada, torna-se possível o dimensionamento do sistema de refrigeração. Deste modo, o XY-116 da Hope Deepblue destacou-se por atender a demanda térmica com uma boa margem e funcionar com gases exaustos, diferentemente dos convencionais que operam com água quente. Em consequência disso, o projeto dispensa o investimento de diversos elementos no projeto tais como caldeira de recuperação e sistema de água quente. Sendo assim, um esboço do projeto em estudo foi elaborado abaixo (Figura 1):

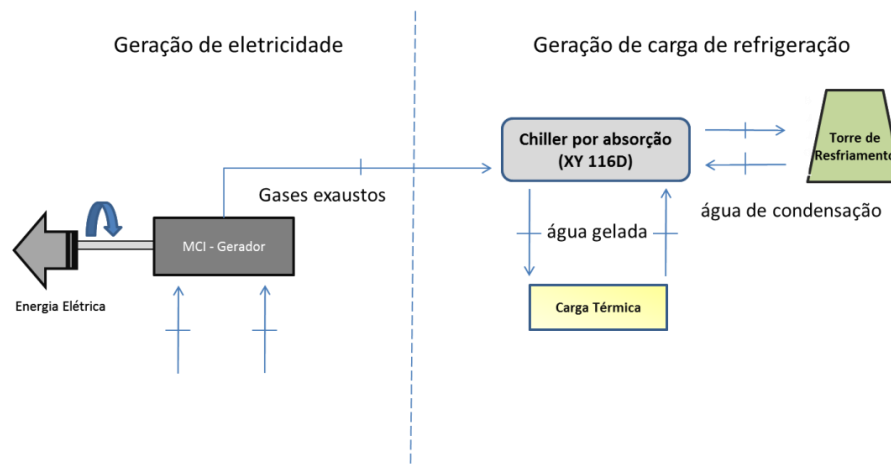


Figura 1. Croqui do ciclo de refrigeração proposto

A parte de geração de eletricidade fornecerá gases exaustos com a vazão e temperatura requerida pelo Chiller, que por sua vez, terá o papel de resfriar a água que será utilizada no sistema de refrigeração.

2.3. Cogeração na Escola Politécnica

A primeira opção considerada foi a utilização do AMICO Natural Gas Genset (AMC 1200GFJ4-PN) como gerador de eletricidade, que produz 1200 kW de potência líquida para as condições ideais. O gerador, todavia, produziria muito mais energia do que a demanda da Escola Politécnica, e grande parte desse montante seria desperdiçado em razão da dificuldade de armazenamento da energia elétrica. Entretanto, o modelo termelétrico faz parte de um sistema de cogeração e, portanto, elegível ao programa de incentivo da ANEEL. Sendo possível ceder essa eletricidade para a concessionária, e posteriormente, utilizá-la através da própria rede. O programa não apenas contribuirá para a utilização de toda energia gerada, como também assegura eletricidade para o prédio durante eventuais quedas na planta geradora ou manutenções. A elegibilidade ao programa de compensação de energia trouxe uma alternativa muito viável, que é ceder a parte da eletricidade excedente aos demais campi da Universidade Federal da Bahia, como se trata da mesma instituição, toda energia armazenada através do programa de incentivo, poderá ser abatida do montante dos diversos campus da universidade na Bahia. Obtendo assim, recurso financeiro para compensar o gasto mensal com o combustível.

Uma proposta alternativa à cogeração também foi analisada. Uma configuração que possui apenas um Direct Fired Chiller de absorção. Este possui seu próprio queimador e, portanto, sua própria fonte de calor para a absorção. Esta configuração possui o menor custo de investimento, entretanto, não compreende a demanda elétrica da escola politécnica, não se enquadrando num sistema de cogeração. O fornecimento de energia elétrica seria mantido pela concessionária da Coelba, entretanto, o consumo seria reduzido, por não contar mais com aparelhos de ar condicionado e sim com o Chiller por absorção alimentado a gás natural.

3. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONOMICA

3.1. Análise da Proposta 1

A proposta 1 conta com o sistema de cogeração completo, sendo os principais equipamentos descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Preço dos principais equipamentos da proposta 1

Preço dos principais equipamentos		
Chiller Absorção (XY-166D)	R\$	560.623,50
Motor gerador (AMICO 1200 kW)	R\$	2.322.191,50
Torre de resfriamento (Alpina P-2000/4-A19-I)	R\$	115.000,00
Custo dos principais equipamentos	R\$	2.997.815,00

Os preços dos equipamentos foram obtidos através dos próprios fabricantes, sendo convertido de Dolar (USD) para Real (BRL) em alguns casos, numa conversão de 3,57 R\$/US\$. Todos os valores na Tabela 2 incluem frete e montagem, quando necessário. Todavia, o preço dos equipamentos não representa totalmente o capital necessário para a implementação de um projeto termelétrico. Existem diversos custos atrelados a implementação do projeto. Segundo Modesto (2009), durante a implementação de uma usina termelétrica pode-se estimar os custos totais de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3. Custo total de investimento (Adaptado de BEJAN et al, 1995).

Custo do equipamento	CE
Instalação	20% CE
Bombeamento	15% CE
Instrumentação e controle	6% CE
Parte elétrica	10% CE
Construção civil	15% CE
Custo total	166% CE
Manutenção (anual)	5% CE

Como pode ser observado na Tabela 3, todos os custos de implementação totalizam um valor de 166% do preço de aquisição dos equipamentos. Além disso, um custo anual de manutenção também é estimado. Portanto, com base no preço dos equipamentos e na estimativa proposta por Bejan et al. (1995), o Capital Total Investido (CTI) para este projeto é R\$ 4.976.372,90.

No caso deste projeto, considerou-se como parte dos benefícios a eletricidade gerada e a carga térmica atendida. Em contrapartida, descontou-se os custos associados com combustível, água de reposição, operação e manutenção previstos na Tabela 3. O consumo de combustível e água de reposição foram estimados de acordo com dados fornecidos dos fabricantes. De acordo com Gondim (2014) e Modesto (2009), o custo médio para água de reposição varia de US\$ 0,20-0,22 por metro cúbico de água. Com base nessas informações, preencheu-se a tabela abaixo:

Tabela 4. Dados do benefício anual obtido (BEN) – Proposta 1.

Valores em reais referentes a um ano de operação	
Eletricidade produzida	R\$ 3.392.692,16
Eletricidade economizada (carga térmica)	R\$ 1.012.153,16
Consumo de combustível	R\$ 1.837.779,84
Consumo de água	R\$ 33.712,13
Custos com operação e manutenção	R\$ 149.890,75
Benefício anual obtido (BEN)	R\$ 2.383.462,60

3.1.1. Resultados

Para as análises a seguir, foi considerado que a vida útil de uma usina termoeletrica é de 25 anos, pois depois disso os custos com manutenção se tornam muito maiores (NETO, 2001). Admitindo os valores calculados anteriormente e segundo as equações 5.1 e 5.2, obtém-se obter a tabela 5 a seguir:

Tabela 5. Índices econômicos da proposta 1

Indicativos econômicos	
VPL	R\$ 13.420.225,14
Payback	2,6 Anos
TIR	28,1%

Além disso, considerando o valor acumulado do fluxo de caixa, é possível plotar o gráfico da Figura 2 (HORLOCK,1997).

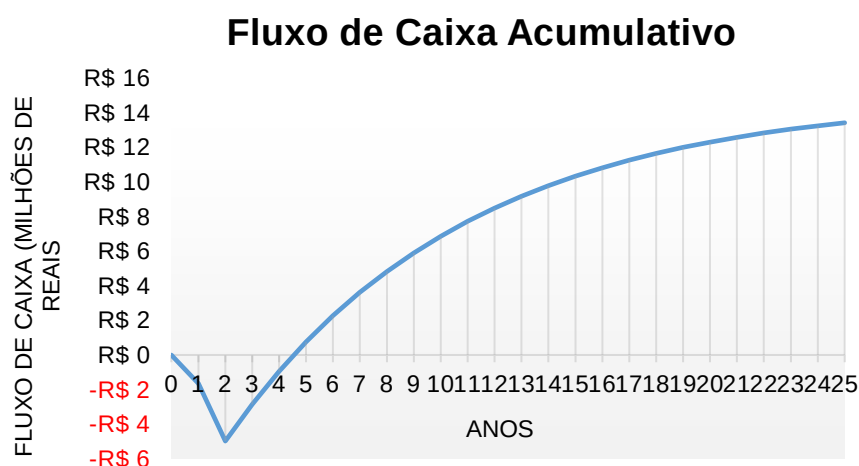


Figura 2. Fluxo de caixa acumulativo típico ao longo do tempo de implantação e operação do projeto 1.

3.2. Análise da Proposta 3

De forma análoga ao item 3.1, o capital necessário para o projeto foi calculado. No entanto, esta configuração conta apenas com dois equipamentos principais e apresentou um Capital Total Investido (CTI) muito menor. Em contrapartida, o benefício anual também foi menor, resultando apenas na eletricidade economizada, considerando os devidos descontos

com consumo de combustível e água de reposição. Adotando as mesmas considerações que a análise anterior, obteve-se os indicadores a seguir:

Tabela 6. Índices econômicos da proposta 3

Indicativos econômicos		
VAL	R\$	3.958.723,87
Payback		1,6
TIR		47,2%

A Figura 3 é um comparativo entre ambas propostas. Pode-se observar que durante os 6 primeiros anos, a partir do investimento, a proposta 3 é mais viável, apresenta um custo total investido muito menor. No entanto, após o sexto ano, o investimento na proposta 1 irá resultar em um maior fluxo de caixa acumulado.

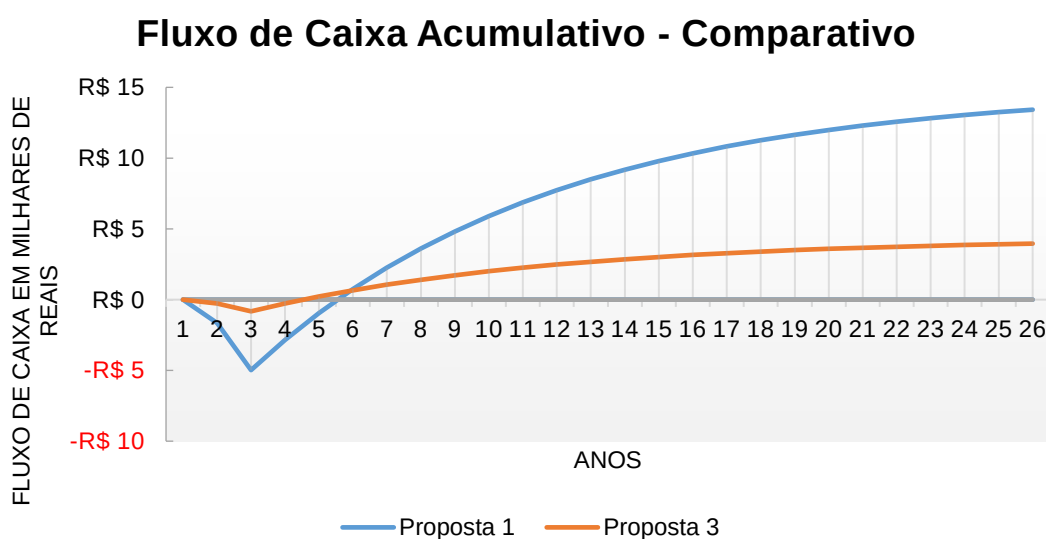


Figura 3. Comparativo do fluxo de caixa proposta 1 e 3

4. CONCLUSÃO

O trabalho analisou a viabilidade da implementação de um sistema de cogeração na Escola Politécnica da UFBA. O projeto almejou atender não só proporcionar um conforto térmico do prédio, mas também gerar a sua própria energia elétrica. O projeto principal consiste basicamente de um motor gerador a gás natural, o qual a vazão de gases exaustos é direcionada para alimentar um chiller por absorção, que por sua vez, é responsável por atender a carga térmica de todo o prédio. A priori, o projeto determinou a carga térmica do prédio e, conseqüentemente, o equipamento de absorção a ser utilizado. Com estes, obteve-se a vazão de gases exaustos necessárias para o processo de absorção, constatando-se que o motor gerador necessário para produzir a vazão suficiente para o chiller produziria muito mais eletricidade do que o prédio consumia. No entanto, as recentes resoluções normativas propostas pela ANEEL foram essenciais para solucionar este impasse. Através do programa de compensação de energia, tornou-se possível ceder todo excedente de eletricidade gerada para a Coelba e, posteriormente, ter esse mesmo valor abatido do consumo da Escola Politécnica ou de quaisquer campi da instituição. Isso permite, também, que a usina termelétrica não necessite operar em regime permanente, pois enquanto a usina estivesse desligada, o fornecimento de eletricidade continuaria pela Coelba e seria abatido dos créditos ganhos pela energia cedida anteriormente.

Com base nestes dados, o projeto de cogeração apresentou-se como uma opção viável tecnicamente. Além disso, uma análise de viabilidade econômica foi realizada e concluiu-se que a economia no consumo de energia elétrica compensaria, em pouco tempo, o capital investido.

Adicionalmente, a possibilidade de implementar apenas um chiller de absorção a gás natural, que possui seu próprio queimador também se mostrou bastante atrativa financeiramente e possui a vantagem de apresentar um menor custo de investimento. Diante dos indicativos econômicos analisados, pode-se concluir que o projeto é viável e proporcionaria uma economia significativa nos gastos da instituição.

5. REFERÊNCIAS

- ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687, de 24 de novembro de 2015.
- ASHRAE. Standard 55-2004: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 16401-1: Instalações de Ar Condicionado - Sistemas Centrais e Unitários. Parte 1, 2 e 3: Projetos das instalações. Rio de Janeiro, 2008.
- BEJAN, G. TSATSARONIS, M. Moran, Thermal Design and Optimization, John Wiley & Sons, New York, 1995.
- BRANCO, P., Análise Termoeconômica de uma Usina Termelétrica a Gás Natural Operando em Ciclo Aberto e em Ciclo Combinado. Ilha Solteira: [s.n.], 2005
- GONDIM, Nilson de M., Gestão e reuso de água na indústria. X Workshop Florianópolis, 2014.
- LORA, Elector E.; NASCIMENTO, Marco A. Geração termelétrica, 2 volumes: planejamento, projeto e operação. Interciência, 2004.
- MODESTO, M., Exergoeconomic Analysis of the Power Generation System Using Blast Furnace and Coke Oven Gas in a Brazilian Steel Mill. Campinas, Science direct, 2009.
- MODESTO, M., Repotenciamento em Sistemas de Geração de Potência na Indústria Siderúrgica Utilizando Análise Termoeconômica, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Tese de Doutorado, 2004, 248p.
- NETO, V. C., Análise de Viabilidade da Cogeração de Energia Elétrica em Ciclo Combinado com Gaseificação de Biomassa de Cana-de-açúcar e Gás Natural, Tese de Mestrado, COPPE, UFRJ. Rio de Janeiro, 2001.
- RUCKER, Claudio P. R.; Bazzo, Edson. Análise Termodinâmica de um Sistema Compacto de cogeração Utilizando Microturbina a Gás Natural. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de engenharia Mecânica, Florianópolis. 2003.
- STOECKER, Wilbert F.; JONES, Jerold W. Refrigeração e Ar Condicionado. McGraw-Hill, 1985.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

STUDY OF TECHNICAL AND FINANCIAL FEASIBILITY OF A HEAT AND POWER PLANT IN ORDER TO SUPPLY BOTH ELECTRICAL AND THERMAL DEMANDS FROM POLYTECHNIC SCHOOL OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF BAHIA

Danilo da Silva, silva.danilo@ufba.br¹

Saulo Fernandes Pimentel, saulofpimentel@gmail.com²

Laurenço Gobira Alves, lgobira@gmail.com³

¹Federal University of Bahia, Prof. Aristίδes Novis Street, n2 - Salvador - BA, 40210-630 – Secretary of DEM 5th floor,

²Federal University of Bahia, Prof. Aristίδes Novis Street, n2 - Salvador - BA, 40210-630 – Secretary of DEM 5th floor,

³Federal University of Bahia, Prof. Aristίδes Novis Street, n2 - Salvador - BA, 40210-630 – Secretary of DEM 5th floor,

Abstract. This paper presents the technical and financial feasibility when it comes to an implementation of a combined heat and power plant (CHP) in order to supply both electrical and thermal demands from Escola Politécnica building. For this purpose, an initial study of the thermal load was carried. Furthermore, detailed information of three improvement proposes are presented. The two first involve co-generation and the third proposal only involves a central cooling system using an absorption chiller. This work also discuss about normative resolutions that conduct the compensation energy system instituted by ANEEL. Finally, an analysis of investment viability is presented for two suggestions in order to evaluate the financial potential of them. Both proposals proved to be not only a feasible option but also attractive financially. The suggestions have achieved great values for economic indicators such as NPV, IRR and payback.

Keywords: Thermal load, thermoelectric generation, co-generation, Escola politécnica, UFBA, technical and financial feasibility