



Latin American Journal of Energy Research – Lajer (2023) v. 10, n. 1, pp. 33–45
<https://doi.org/10.21712/lajer.2023.v10.n1.p33-45>

Proposta de eficiência energética para a escola técnica SENAI de Ribas do Rio Pardo - MS

Energy efficiency proposal for the SENAI technical school in Ribas do Rio Pardo - MS

Fabrcio Cristiano Pangoni^{1,*}, Andrea Teresa Riccio Barbosa²

¹ Aluno do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade- Curso de Mestrado Profissional, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, campus Campo Grande, MS, Brasil

² Professora do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade- Curso de Mestrado Profissional, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, campus Campo Grande, MS, Brasil

*Autor para correspondência, E-mail: fabriciopangoni@gmail.com

Received: 28 January 2023 | Accepted: 13 Mai 2023 | Published online: 10 June 2023

Resumo: Este artigo apresenta uma proposta técnica e econômica de redução de consumo de energia com a substituição dos condicionadores de ar da escola técnica do SENAI, situada na cidade sul mato-grossense Ribas do Rio Pardo. Para tal, foram obtidos os dados da fatura de energia e das características de consumo, além de realizar cálculos de consumo, de refrigeração e de demanda elétrica. Para o cálculo financeiro, utilizou-se a projeção de um ano como consumidor de energia em Baixa Tensão (BT) na Tarifa Convencional e, como Média Tensão (MT) na Tarifa Horária Verde, obtendo-se os valores tarifários da concessionária de energia Energisa MS, a qual a instituição está conectada. Por fim, foi realizado o estudo da viabilidade econômica, obtendo os valores de *Payback*, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa interna de Retorno (TIR). Como resultado, a proposta de eficiência energética geraria uma economia térmica de 348.000 BTU/h, o que equivale em energia elétrica a 38.045,50 kWh, representando uma economia financeira de R\$ 35.605,71 anual. Considerando ainda a venda dos atuais equipamentos geraria um valor em caixa de R\$ 93.015,50, que contribuiriam para a aquisição de novos equipamentos que teriam um custo de R\$ 105.164,89, sendo, portanto, necessário um investimento de R\$ 15.149,39. Como resultado da viabilidade econômica obteve-se um VPL de R\$ 17.201,79 e a TIR de 135,03%, conclui-se que com a economia de energia elétrica, esse projeto teria retorno financeiro em um tempo menor do que 1 ano.
Palavras-chave: Condicionador de ar, cálculo de consumo, análise técnica, eficiência energética.

Abstract: This article presents a technical and economic proposal to reduce energy consumption by replacing the air conditioners at the SENAI technical school, located in the Ribas do Rio Pardo city. To this end, data from the energy bill and consumption characteristics were obtained, in addition to tariff out consumption, consumption and electrical demand calculations. For the financial calculation, a one-year projection was used as a consumer of energy in Low Voltage (LV) in the Conventional Tariff and, as Medium Voltage (MT) in the Hourly Green Tariff, obtaining the energy tariff values of Energisa MS, which the institution is connected to. Finally, the economic viability study was carried out, obtaining the *Payback* values, Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR). As a result, the energy efficiency proposal would generate thermal savings of 348,000 BTU/h, which is equivalent in electrical energy 38,045.50 kWh, representing R\$ 35,605.71 per year in financial savings. Also considering the current equipment sale would generate a R\$ 93,015.50 in cash, which would contribute to the new equipment acquisition that received a cost of R\$ 105,164.89, therefore requiring an investment of R\$ 15,149, 39. As an economic viability result, an NPV of R\$ 17,201.79 and an IRR of 135.03% were obtained. It was also concluded that with the savings in electricity, this project would have a financial return in less than 1 year.
Keywords: Air conditioner, consumption calculation, technical analysis, energy efficiency.

1 Introdução

Os edifícios consomem, em sua grande maioria, uma quantidade significativa de energia, estimada em cerca de um terço do total recursos energéticos primários. A eficiência energética dos edifícios tornou-se uma questão importante para limitar as crescentes demandas energéticas do setor. A literatura mostra que o comportamento do usuário pode aumentar a eficiência da energia utilizada no edifício e diferentes estratégias foram testadas para abordar e apoiar esta questão. Essas estratégias geralmente combinam a quantificação da economia de energia e interpretação do comportamento dos ocupantes para promover a eficiência energética (Paone e Bacher, 2018).

Além da preocupação com o aspecto comportamental dos usuários com o consumo de energia elétrica, as ações de eficiência energética em processos e em recursos energéticos tornaram-se requisitos obrigatórios para a sobrevivência de empresas e indústrias. Isso ocorre, principalmente, porque a energia elétrica se tornou um dos grandes gastos operacionais. Além disso, com o valor das tarifas de energia elétrica subindo substancialmente ao longo dos anos e com o aumento considerável da inflação que pressiona e reduz o percentual do lucro, todos os meios de se economizar têm sido fortemente estimulados (Tisi e Guimarães, 2019; Abdelaziz et al., 2011).

Diante disso, os novos projetos elétricos têm que se adaptar a essa nova realidade para promover o uso racional da energia elétrica. Infelizmente, ainda permanecem conceitos antigos de sobre dimensionamento dos equipamentos gerando desperdícios energéticos (ABRACEEL, 2014).

Segundo Hoof et al. (2015), principalmente em climas quentes, o setor de refrigeração tem um papel importante no consumo de edifícios. Assim, o dimensionamento dos condicionadores de ar deve ser analisado de maneira acurada para não promover um consumo desnecessário e, conseqüentemente, perdas energéticas e financeiras. Conforme Viana et al. (2021), a redução de custos com energia pode ser alcançada pela substituição de insumos, equipamentos e alteração de modalidade tarifária ou tributária.

Nesta pesquisa foi observado que durante as aulas na escola SENAI, localizada no município de Ribas do Rio Pardo em Mato Grosso do Sul (MS), vários alunos se sentiam incomodados com a baixa temperatura da sala, provocado pelo condicionador de ar. Devido a esse fator, os alunos, em sua maioria, procuravam locais que pegassem menos fluxo de ar, como nos cantos da sala e, conseqüentemente havia um esvaziamento da área central, para que pudessem se abrigar do vento vindo da unidade evaporadora (interna).

Diante disso, foi identificado o problema de sobre dimensionamento da capacidade de refrigeração desses equipamentos e o gasto além do necessário do consumo de energia. Assim, o objetivo do trabalho foi averiguar o sobre dimensionamento de equipamentos, o valor do consumo atual e o custo com as substituições dos condicionadores de ar adequados, além de se obter os investimentos necessários e realizar o estudo da viabilidade econômica com a mudança dos equipamentos.

Nota-se que em outras pesquisas, como no estudo de caso para a sede da Eletrosul Centrais Elétricas S.A. e, em comparações feitas entre o período de *retrofit*, nos anos anteriores e os subsequentes, foi possível observar uma redução de energia de 75% no sistema de climatização. Como resultado do trabalho, pode-se verificar uma redução no consumo de energia e na demanda, cuja revisão de contrato e mudanças na rotina de uso geraram formas de aumentar a economia de energia e economia financeira nas edificações (Ferrador Filho et al., 2018). Outros trabalhos também apresentaram resultados animadores com relação às ações de eficiência energética que utilizam condicionadores de ar (Silva et al., 2013; Matosovic e Tomsic, 2018).

2 Metodologia de análise

A pesquisa quanto ao procedimento de coleta de dados se caracteriza como Estudo de Caso, pois é o mais indicado para estudo profundo e exaustivo de um objeto, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Sendo, portanto, o mais apropriado quando se deseja investigar um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto real, que nesse caso é verificar o consumo de energia, as características dos equipamentos e ações eficiência energética possíveis de serem realizadas no estudo de caso.

O estudo de caso se refere à análise da eficiência energética realizada em uma escola técnica do SENAI instalada de maneira provisória na cidade de Ribas do Rio Pardo no MS. Esta escola tem ao todo 221 alunos distribuídos em 13 salas de aula, cada uma com seu condicionador de ar, além de uma área administrativa, que conta com uma sala específica, totalizando 14 salas. As salas foram instaladas em contêineres adaptados para esse propósito, feitos com isolamento térmica nas paredes e telhado, com forro de PVC nas paredes e tetos.

Para realizar o levantamento de dados no local de estudo de caso, que possibilitaram uma análise da eficiência energética, fizeram-se levantamentos bibliográficos em livros (Carlo e Lamberts, 2005; Alves, 2011) em normas técnicas (ASHRAE, 2017; ABNT NBR 16401-1, 2018; ABNT NBR 16401-2, 2019; ABNT NBR 15220-2, 2023), em artigos científicos (ElSherbini e Maheshwari, 2010; Fasiuddin, et al., 2010), em dissertações, em teses e outros materiais. Desta forma, informações relevantes sobre o tema foram obtidas, para que as obtenções de dados e recomendações de procedimentos técnicos fossem adequados. Com a busca por informações relevantes em outros trabalhos, obteve-se auxílio sobre o tema em estudo, sendo esses, portanto, fontes de dados secundários.

Observa-se que o objetivo da pesquisa era exploratório porque fez investigação do que ocorre no ambiente de estudo para obter maior familiaridade com a situação-problema diagnosticada. Também é descritivo, pois foi investigado como ocorre, os valores obtidos com cálculos específicos e com descrições reais dos parâmetros elétricos dentro da escola, para fazer sua análise.

A pesquisa teve caráter interdisciplinar, pois integrou informações, dados, técnicas, perspectivas, conceitos e teorias de engenharia elétrica, física, eficiência energética, entre outros, na busca de análises e soluções da pesquisa.

A área de conhecimento é da ciência exata, com natureza do tipo quantitativa, com valores numéricos obtidos através de cálculos, entre outros. Observa-se que pesquisa quantitativa se centra na objetividade, compreendida com base na análise de dados brutos, que foram utilizados para descrever as causas dos fenômenos e as relações entre variáveis.

Também é uma ciência aplicada, a qual buscou um estudo sistemático, visando a solução de problemas práticos, concretos e operacionais de eficiência energética, com ênfase na análise da fatura de energia e do consumo do ar-condicionado. Além disso, pode-se caracterizar a coleta de dados através de observações do ambiente como sendo primária, pois estes dados foram coletados pelo próprio pesquisador no ambiente, com objetivo de atender as necessidades específicas da pesquisa em andamento.

Dessa forma, com a caracterização da pesquisa e a sua aprovação pela escola Técnica do SENAI Ribas do Rio Pardo, foram realizadas visitas *in loco* onde caracterizou-se o ambiente de estudo, com relação às condições dos condicionadores de ar e como eles eram utilizados durante a aula (comportamental), além de se verificar as condições da instalação elétrica do local.

A proposta do trabalho foi obter informações para averiguar se o projeto do sistema de condicionamento de ar estava adequado, como estavam as condições de uso e realizar as propostas de melhorias. Além disso, verificou-se a disposição dos elementos da instalação elétrica, com verificação de atendimento de norma específica, e se calculou a carga térmica de cada sala, além do consumo de energia elétrica. Posteriormente foi feita a análise de viabilidade econômica, com obtenção de índices que são descritos com maiores detalhes a seguir.

2.1 Caracterização do ambiente de estudo

Primeiramente, foi efetuada a classificação das salas de acordo com o seu volume interno, sendo denominadas de A, B e C em que estão instalados os condicionadores de ar da marca Eco Elgin de 60.000 BTU/h para as do tipo A e B, e da marca TCL de 24.000 BTU/h para a tipo C, sendo eles do tipo piso teto, bifásicos.

2.2 Cálculo térmico

Para a análise da quantidade de refrigeração, foi adotada uma planilha de cálculo de carga térmica simplificada da LABCEE (2022) que se baseia na localização por pontos cardeais das janelas e paredes, a classificação de incidência de luz solar, quantidade de pessoas e equipamentos no interior das salas analisadas. Assim, a carga térmica para cada sala será a somatória conforme Eq. (1).

$$QT = (Qc + Qi + Ql + Qes + Qp) \cdot Fg \quad (1)$$

Sendo

Qt: Carga Térmica Total (BTU/h);

Qc: Carga térmica da transmissão de calor por condução de paredes, janelas, pisos e teto;

Qi: Carga térmica por ganho de calor por insolação de janelas;

Ql: Carga térmica por ganho de calor por iluminação artificial;

Qes: Carga térmica por ganho de calor por equipamentos;

Qp: Carga térmica por ganho de calor sensível e latente liberado pelas pessoas;
Fg: Fator geográfico, considerado 1.

Com a carga térmica total para cada sala, foi efetuada a comparação energética com o que está instalado atualmente e proposto a substituição dos condicionadores de ar.

2.3 Cálculo da energia elétrica

Para a análise dos gastos com energia elétrica, fez-se os cálculos de faturamento tanto para o Grupo B, quanto para o Grupo A.

Levantou-se o histórico de tarifas da concessionária Energisa MS, conforme página da concessionária. Para os meses de abril a dezembro de 2022, adotou-se o mesmo valor da tarifa de 2022 de 0,69365 R\$/kWh (ENERGISA, 2022).

Foram utilizados os valores da bandeira tarifária publicadas pela ANEEL, que estão de acordo com a Tabela 1, para os meses de janeiro a abril de 2022, o restante dos meses foi considerado o mesmo tipo de bandeira do ano de 2021 e foram retirados da página da concessionária EDP (2022a).

Tabela 1. PIS, COFINS, COSIP, Tarifa de energia elétrica e bandeira tarifária sem impostos considerada para o período de análise.

Mês	Tipo de Bandeira	V _{bANEEL} (R\$)	PIS (%)	COFINS (%)	COSIP (R\$)	V _{TANEEL} (R\$)
01/2022	Bandeira Escassez Hídrica	0,1420	0,50	2,30	156,27	0,69365
02/2022	Bandeira Escassez Hídrica	0,1420	0,44	2,03	156,27	0,69365
03/2022	Bandeira Escassez Hídrica	0,1420	0,92	4,25	156,27	0,69365
04/2022	Bandeira Amarela	0,0187	0,82	3,79	156,27	0,69365
05/2022	Bandeira Vermelha – Patamar 1	0,0397	0,82	3,79	156,27	0,69365
06/2022	Bandeira Vermelha – Patamar 2	0,0949	0,82	3,79	156,27	0,69365
07/2022	Bandeira Vermelha – Patamar 2	0,0949	0,82	3,79	156,27	0,69365
08/2022	Bandeira Vermelha – Patamar 2	0,0949	0,82	3,79	156,27	0,69365
09/2022	Bandeira Escassez Hídrica	0,1420	0,82	3,79	156,27	0,69365
10/2022	Bandeira Escassez Hídrica	0,1420	0,82	3,79	156,27	0,69365
11/2022	Bandeira Escassez Hídrica	0,1420	0,82	3,79	156,27	0,69365
12/2022	Bandeira Escassez Hídrica	0,1420	0,82	3,79	156,27	0,69365

Para o Programa de Integração Social (PIS) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), nos primeiros 4 meses de 2022 foram usados os valores oficiais apresentados pela concessionária Energisa MS. Para os meses de maio a dezembro de 2022 foi utilizado a média dos últimos 96 meses, isto é, de 04/2014 até 03/2022 conforme consta em EDP (2022a), com um PIS médio de 3,79% e COFINS de 0,82%.

O imposto estadual de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), baseia-se no Decreto nº 9.203, de 18 de setembro de 1998 de Mato Grosso do Sul, que pode ser consultado em LEGISWEB (2022). Para a classe comercial o ICMS é de 17%.

O imposto municipal para o cálculo da Contribuição de Serviço de Iluminação Pública (COSIP) foi obtido conforme a Lei complementar nº 028 de 22 de dezembro de 2015 de Ribas do Rio Pardo (2015). A COSIP é cobrada de acordo ao consumo e a classe. Para a classe comercial e consumo maior do que 1500 kWh, é cobrado o valor de R\$ 156,27.

Foi efetuado o cálculo de consumo, considerando o período de janeiro até dezembro de 2022. E nesse período, obteve-se informação que as salas são usadas em dias úteis por 8 horas, entre às 08h00min até às 17h00min, com 1 hora de intervalo de almoço. Para a análise, portanto, considerou-se um tempo de 8h, 20 dias por mês, utilizando-se o mesmo procedimento de Santos (2017, p. 53).

O consumo foi baseado nos dados de placa dos condicionadores de ar existentes conforme suas características. A potência e energia elétrica foi calculada conforme Cotrim, (2009) e são expressas pelas Eq. (2) e (3). Foi considerado o fator de potência de 0,92 e rendimento de 0,9.

$$P = V \cdot I_n \cdot \cos\theta \cdot \eta \quad (2)$$

$$E = P \cdot \Delta t \quad (3)$$

Sendo

S: Potência aparente (VA);
 V: Tensão (V);
 I_n: Corrente Nominal (A);
 E: Energia elétrica (Wh);

Δt: Tempo utilizado (h);
 Cosθ: Fator de potência;
 η: Rendimento.

Todos esses impostos são cobrados pelo dito “método por dentro” (ANEEL, 2016), conforme Eq. (4) e (5), em que o valor final cobrado do consumidor é dado pelas Eq.(6), (7) e (8).

$$VTI = \frac{V_{TANEEL}}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)} \quad (4)$$

$$VBI = \frac{V_{bANEEL}}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)} \quad (5)$$

$$VCTI = C \times VTI \quad (6)$$

$$VCBI = C \times VBI \quad (7)$$

$$VF_B = VCTI + VCBI + COSIP \quad (8)$$

Sendo

C: Consumo (kWh);
 COSIP: Imposto para a contribuição da iluminação pública (R\$);
 VBI: Valor da bandeira tarifária com impostos (R\$);
 VCTI: Valor do consumo com impostos (R\$);
 VCBI: Valor das bandeiras tarifárias com impostos (R\$);

VF_B: Valor final da fatura do grupo B (R\$);
 VTI: Valor da tarifa com impostos (R\$).
 V_{bANEEL}: Valor da bandeira publicada pela ANEEL (R\$);
 V_{TANEEL}: Valor da tarifa publicada pela ANEEL (R\$);

Foi efetuado o cálculo do valor da fatura de energia elétrica para o grupo A, Tarifa Horária Verde, subclasse A4 (2,3 a 25 kV), conforme mencionado em ANEEL (2021). O valor da tarifa utilizada é a praticada pela concessionária em 01/2022, conforme consta em ENERGISA (2022) com os seguintes valores: tarifa da demanda de 25,03 R\$/kW, tarifa para o consumo na ponta de 2,22888 R\$/ kWh e fora da ponta 0,35097 R\$/ kWh. Foi considerado que o consumo está dentro do Horário Fora de Ponta e não foram consideradas as cobranças de excedente de reativo ou ultrapassagem de demanda.

A demanda utilizada baseou-se nas regulamentações e normas da concessionária de energia ENERGISA (2020), e foi calculada utilizando-se o valor de fator de demanda para condicionadores de ar. Assim, pode-se calcular o valor da fatura de energia do Grupo A de acordo as Eqs. (6), (7), (9), (10) e (11).

$$Vdemi = \frac{V_{DANEEL}}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)} \quad (9)$$

$$Vd = Dem \times Vdemi \quad (10)$$

$$VF_a = Vd + VCTI_{ponta} + VCTI_{f_{ponta}} + VCBI + COSIP \quad (11)$$

Sendo,

V_{DANEEL}: Valor da tarifa de demanda publicada pela ANEEL (R\$);
 Vdemi: Valor da demanda com impostos (R\$);
 Vd: Valor referente a parcela da demanda contratada (R\$);

VCTI_{ponta}: Valor do consumo com impostos no horário da ponta(R\$);
 VCTI_{f_{ponta}}: Valor do consumo com impostos no horário fora da ponta(R\$);
 VF_a: Valor final da fatura do grupo A;

2.4 Análise financeira

Para a análise financeira, foi efetuado o levantamento do preço de venda dos equipamentos, baseando-se em um deságio de 50% de um condicionador de ar dos mesmos modelos instalados na escola, o custo com a aquisição e custo com a Mão de Obra (M.O.) para a instalação dos novos equipamentos e o valor do frete desses equipamentos de Campo Grande - MS a Ribas do Rio Pardo – MS, no valor de R\$ 1.500,00 cada (pesquisa realizada no mercado de trabalho local).

O fluxo de caixa utilizado foi a diferença do gasto anual com energia elétrica com os equipamentos atuais e com os propostos, utilizando-se uma inflação de 2021 de 10,06%. Analisou-se viabilidade financeira utilizando os métodos do *Payback*, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interno de Retorno (TIR), conforme as Eqs. (12), (13) e (14) respectivamente. Caso o $i > k$, o projeto é economicamente viável (Samanez, 2002).

$$I = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (12)$$

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (13)$$

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (14)$$

Sendo

I: Investimento;

n: Número de períodos;

FC_t: Fluxo de Caixa no enésimo período;

i: Taxa de juros que iguala o valor da entrada das entradas e saídas de caixa (TIR);

k: Custo do capital ou taxa de atratividade ou taxa de juros para atualizar o fluxo de caixa.

3 Resultados e discussões

Com a definição da metodologia foi possível obter os dados *in loco* e transformá-las em informações úteis para a avaliação de eficiência energética na Escola SENAI de Ribas do Rio Pardo. Esses dados, informações e as análises serão apresentados a seguir.

3.1 Classificação das salas

Das 14 salas existentes com refrigeração, 11 são classificadas como A e possuem um volume interno de 162 m³ com um condicionador de ar de 60.000 BTU/h; 2 classificadas como B, com 90 m³ e um equipamento de 60.000 BTU/h e uma como tipo C, com um volume de 45 m³ e 24.000 BTU/h instalado. A classificação está apresentada na Figura 1.

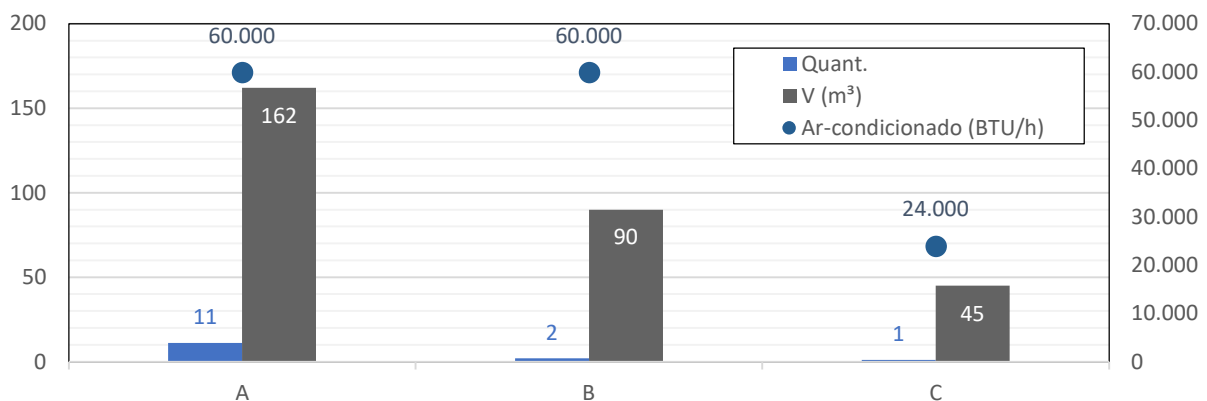


Figura 1. Classificação das salas. Sendo, Quant.: quantidade de salas; V: Volume interno da sala. Ar-condicionado: a potência térmica instalada em cada sala, com largura em metros; C: comprimento em metros; H: altura em metros.

3.2 Análise da capacidade de refrigeração

A Tabela 2 apresenta o cálculo para cada um dos tipos de sala, de acordo a vários parâmetros solicitados na planilha de cálculo do LABCEE (2022). Portanto a carga térmica total calculada foi de 33.029 BTU/h, 18,641,66 e 10.035,07 respectivamente para as salas A, B e C; que comparados com a potência térmica de condicionadores de ar comercializados, tem-se para a sala tipo A: 36.000 BTU/h; tipo B: 24.000 BTU/h e para a sala C: 12.000 BTU/h. Salienta-se ainda que ao adquirir os referendos equipamentos estes devem atender classificação energética eficiente, disponível na lista do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO, 2022).

Tabela 2. Cargas Térmicas das salas tipo A, B e C. Sendo, F: Fator de multiplicação; Quant.: Quantidade relacionada ao parâmetro. Q: Carga térmica.

Parâmetro	F	Sala Tipo A		Sala Tipo B		Sala Tipo C	
		Quant.	Q (BTU/h)	Quant.	Q (BTU/h)	Quant.	Q (BTU/h)
Janelas Insolação Oeste (m ²)	150	4	2.380,80	2	1.190,40	1	595,2
Janelas Vidro Comum (m ²)	50	8	1.587,20	4	793,6	2	396,8
Paredes. Orientação Sul (m ²)	13	18	928,51	18	928,51	18	928,51
Paredes Outra orientação (m ²)	20	64	5.079,04	44	3.491,84	31	2.460,16
Teto sob telhado com isolamento (m ²)	18	54	3.856,90	30	2.142,72	15	1.071,36
Piso (m ²)	13	54	2.785,54	30	1.547,52	15	773,76
Pessoas em atividade normal (m ²)	150	26	15.475,20	13	7.737,60	4	2.380,80
Aparelhos Elétricos (W)	0,86	200	682,5	200	682,5	400	1.364,99
Iluminação Fluorescente (W)	0,5	128	253,95	64	126,98	32	63,49
Carga Térmica Total	1		33.029,63		18.641,66		10.035,07

Com os dados apresentados é possível verificar que havia um super dimensionamento dos equipamentos condicionadores de ar instalados na Escola SENAI, proporcionando até desconforto térmico nos usuários da sala de aula, Com o correto dimensionamento para atender ao conforto térmico, estabeleceu-se o que é preconizado pelas normas da ABNT NBR 5858:1983 e na ABNT NBR 16401-1:2008.

A alteração desses equipamentos gerará uma redução de 43,28% da carga térmica total instalada da escola, passando dos atuais 804.000 BTU/h para 456.000 BTU/h, conforme consta na Figura 2.

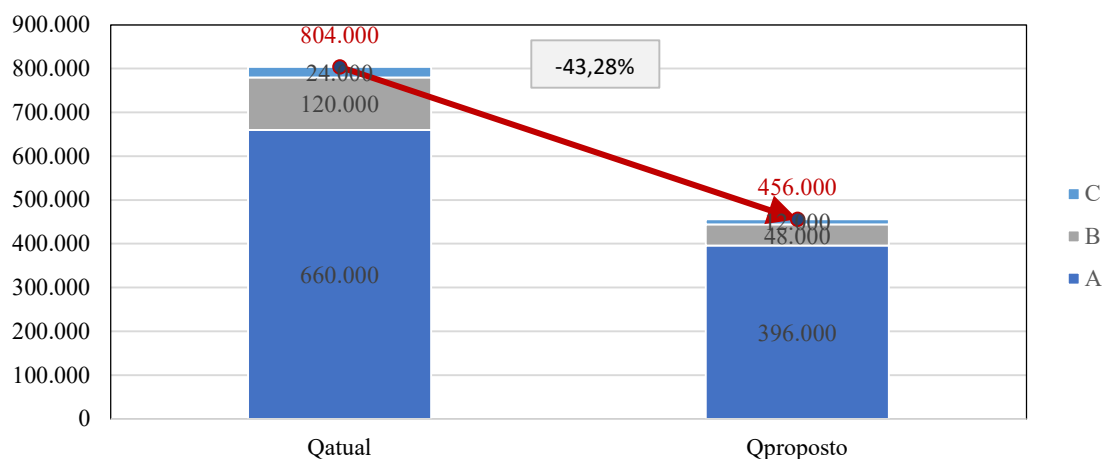


Figura 2. Comparação entre a carga térmica atual instalada (Qatual) com o proposto (Qproposto) dado os tipos de Sala A, B e C.

3.3 Consumo de energia elétrica atual

As salas tipo A e B, possuem os equipamentos com potência elétrica de 4.736,16 W e a sala tipo C de 2.477,37 W. O que gerou uma energia elétrica mensal consumida por tipo de sala (C_{mts}) de 8,335,64 kWh, 1.515,27 kWh e 396,38 kWh respectivamente aos tipos A, B, C, totalizando um consumo de 10.247,59 kWh mensais e 122.971,12 kWh anual. Os valores referentes a potência e consumo que estão instalados na

escola estão apresentados na Tabela 3 e foram calculados conforme as equações apresentadas na metodologia.

Tabela 3. Equipamentos instalados conforme tipo de sala. Sendo, V: tensão; In: corrente nominal; P: Potência nominal; C_{ds} : consumo diário de cada sala; C_{ms} consumo mensal de cada sala; C_{mts} : consumo mensal por tipo de sala; C_{ats} : consumo anual total por tipo de sala.

Tipo salas	Quant.	V (V)	In (A)	P (W)	C_{ds} (kWh)	C_{ms} (kWh)	C_{mts} (kWh)	C_{ats} (kWh)
A	11	220	26	4.736,16	37,89	757,79	8.335,64	100.027,70
B	2	220	26	4.736,16	37,89	757,79	1.515,57	18.186,85
C	1	220	13,6	2.477,37	19,82	396,38	396,38	4.756,56
Total							10.247,59	122.971,12

3.4 Consumo de energia elétrica proposto

A Tabela 4 apresenta o cálculo de potência elétrica e consumo para os equipamentos comerciais escolhidos no item 3.2. Sendo todos bifásicos e com tensão de alimentação de 220V, da marca Elgin. O consumo de energia elétrica mensal para as 14 salas foi de 7.077,13 kWh, acarretando um consumo de 84.925,62 kWh anual.

Tabela 4. Equipamentos propostos conforme tipo de sala. Sendo, V: tensão; In: corrente nominal; P: Potência nominal; C_{ds} : consumo diário de cada sala; C_{ms} consumo mensal de cada sala; C_{mts} : consumo mensal total por tipo de sala; C_{ats} : o consumo anual total por tipo de sala.

Tipo salas	Quant.	V (V)	In (A)	P (W)	C_{ds} (kWh)	C_{ms} (kWh)	C_{mts} (kWh)	C_{ats} (kWh)
A	11	220	19,3	3.515,688	28,13	562,51	6.187,61	74.251,33
B	2	220	12,96	2.360,794	18,89	377,73	755,45	9.065,45
C	1	220	4,6	837,936	6,70	134,07	134,07	1.608,84
Total							7.077,13	84.925,62

Comparativamente ao consumo atual, apresentado no item 3.3, a utilização dos equipamentos propostos proporcionaria uma redução de 3.170,46 kWh mensais e 38.045,50 kWh anuais, ou uma redução 30,94% do consumo de energia elétrica da escola. A Figura 3 mostra os consumos mensais entre a realidade atual com a proposta de eficiência energética.

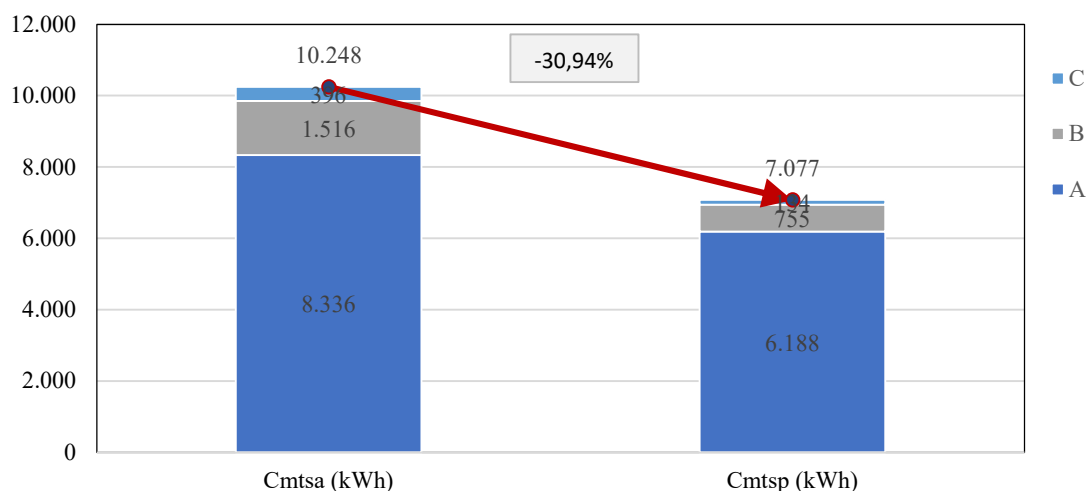


Figura 3. Comparação entre o consumo mensal total das salas atual (Cmtsa) com o proposto (Cmtsp) para as salas A, B e C.

3.5 Análise de custo com energia elétrica para o grupo B

A Tabela 1 apresenta os principais componentes no cálculo da fatura de energia elétrica, nos quais: a bandeira tarifária, o PIS, COFINS, COSIP e o valor da tarifa homologada pela ANEEL para o grupo B, comercial. O valor do ICMS é de 17%. O ano de 2021 e 2022 apresentou um baixo nível dos reservatórios hídricos, fazendo com que a ANEEL operasse as bandeiras de escassez hídrica e bandeira vermelha em grande parte dos meses, fazendo com que os custos com a energia elétrica se tornassem mais onerosos.

A Tabela 5 apresenta os valores mensais que seriam gastos com o consumo dos condicionadores de ar, tanto para a situação atual, quanto para a situação proposta. A coluna diferença apresenta a economia mensal que seria proporcionada com a implementação das propostas de eficiência energética deste trabalho, resultando em uma redução mensal próxima a 3 mil reais. O custo com energia elétrica anual para a situação atual seria de R\$ 116.960,43, enquanto que para a proposta o custo seria de R\$ 81.354,72, uma economia anual de R\$ 35.605,71 ou 30,41%. Esta é um percentual importante de ser atingido, porque representa uma economia considerável.

Tabela 5. Cálculo do custo do consumo anual para a situação atual e proposta. Sendo, VBI: Valor da bandeira tarifária com impostos; VCTI: Valor do consumo com impostos; VCBI: Valor das bandeiras tarifárias com impostos; VF_B: Valor da fatura de energia elétrica para o grupo tarifário B.

Mês	Custo atual			Custo proposto			Diferença (R\$)
	VCTI (R\$)	VCBI (R\$)	VF _B (R\$)	VCTI (R\$)	VCBI (R\$)	VF _B (R\$)	
01/2022	8.285	1.814,41	10.255,35	5.722	1.253,06	7.130,84	3.124,51
02/2022	8.317	1.806,98	10.279,90	5.744	1.247,92	7.147,79	3.132,11
03/2022	8.062	1.869,66	10.087,91	5.568	1.291,22	7.015,20	3.072,71
04/2022	8.113	244,99	8.514,42	5.603	169,19	5.928,53	2.585,89
05/2022	8.113	519,14	8.788,56	5.603	358,52	6.117,86	2.670,71
06/2022	8.113	1.240,91	9.510,34	5.603	856,99	6.616,32	2.894,01
07/2022	8.113	1.240,91	9.510,34	5.603	856,99	6.616,32	2.894,01
08/2022	8.113	1.240,91	9.510,34	5.603	856,99	6.616,32	2.894,01
09/2022	8.113	1.856,40	10.125,82	5.603	1.282,05	7.041,39	3.084,44
10/2022	8.113	1.856,40	10.125,82	5.603	1.282,05	7.041,39	3.084,44
11/2022	8.113	1.856,40	10.125,82	5.603	1.282,05	7.041,39	3.084,44
12/2022	8.113	1.856,40	10.125,82	5.603	1.282,05	7.041,39	3.084,44
Total	97.681,71	17.403,49	116.960,43	67.460,39	12.019,10	81.354,72	35.605,71

Isto é corroborado por outros trabalhos, pois o consumo de energia em edificações comerciais pode ser reduzido por meio de *retrofit*, ou seja, “alterações ou reformas em sistemas consumidores de energia elétrica, visando a sua conservação” (Ghisi, 1997; Gudaiwi et al., 2013; Hyemi et al., 2019), é o mais utilizado nos Estados Unidos e apresenta contribuições para redução de consumo de energia em sistemas de iluminação e climatização.

3.6 Análise de custo com energia elétrica para o grupo A

Diante dos valores apresentados para o grupo B, analisou-se ainda a possível mudança de grupo tarifário para o Grupo A, Tarifa Horária Verde, subclasse A4 (2,3 a 25 kV). A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a demanda calculada para os condicionadores de ar. Obtendo-se uma demanda de 48,08 kW.

Tabela 6. Cálculo da demanda proposta para condicionadores de ar.

Carga instalada (kW)	Quant. equipamentos	Fator de demanda	Demanda (kW)
53,42	14,00	0,90	48,08

Os valores de PIS, COFINS, ICMS, COSIP, Bandeiras tarifárias são os mesmos para o cálculo do valor da fatura de energia contidos na Tabela 1. A tarifa da Demanda é 25,03 R\$/kW, e a tarifa do consumo Fora da Ponta é 0,35 R\$/kWh e na Ponta é de 2,2288 R\$/kWh, valores sem a incidência de impostos.

A Tabela 7 apresenta os cálculos com os custos para o faturamento no grupo A, totalizando um custo anual de R\$ 68.269,35 que comparada ao custo atual no grupo B de R\$ 116.960,43 apresentaria uma redução de R\$ 48.691,08 ou 41,63%.

A Figura 4 apresenta o gráfico com o custo mensal no faturamento atual do Grupo B, o faturamento proposto no mesmo grupo e a proposta de faturamento no grupo A. O mês de abril de 2022 apresenta maior redução nos custos da energia elétrica devido a bandeira tarifária amarela. As propostas de eficiência energética apresentam reduções de custos em todos os meses comparadas ao modelo atual. Sendo a tarifação pelo grupo A apresentando a maior economia para a escola.

De acordo aos resultados alcançados pela análise dos custos com o consumo de energia elétrica, conclui-se que se utilizada a tarifação pelo grupo A, obter-se-ia uma redução de 41,63% e para grupo B

uma redução de 30,41% comparadas ao modelo atual. Dessa forma, a proposta seria ter contratação de energia elétrica do Grupo A, se não considerar o investimento no posto de transformação necessário para tal contratação.

Tabela 7. Cálculo do custo do consumo anual para a situação atual e proposta com o grupo A. Sendo, VDi: Valor da demanda com impostos; VCTIfponta: Valor do consumo no horário fora da ponta com impostos; VCBI: Valor das bandeiras tarifárias com impostos; VFA: Valor da fatura de energia elétrica para o grupo tarifário A.

Mês	VDi (R\$)	VCTIfponta (R\$)	VCBI (R\$)	VFA (R\$)	Diferença
01/2022	1.500,55	3.097,08	1.253,06	5.850,70	4.404,65
02/2022	1.494,40	3.084,39	1.247,92	5.826,72	4.453,18
03/2022	1.546,24	3.191,39	1.291,22	6.028,85	4.059,05
04/2022	1.535,27	3.168,75	169,19	4.873,22	3.641,20
05/2022	1.535,27	3.168,75	358,52	5.062,54	3.726,02
06/2022	1.535,27	3.168,75	856,99	5.561,01	3.949,33
07/2022	1.535,27	3.168,75	856,99	5.561,01	3.949,33
08/2022	1.535,27	3.168,75	856,99	5.561,01	3.949,33
09/2022	1.535,27	3.168,75	1.282,05	5.986,07	4.139,75
10/2022	1.535,27	3.168,75	1.282,05	5.986,07	4.139,75
11/2022	1.535,27	3.168,75	1.282,05	5.986,07	4.139,75
12/2022	1.535,27	3.168,75	1.282,05	5.986,07	4.139,75
Total	18.358,65	37.891,60	12.019,10	68.269,35	48.691,08

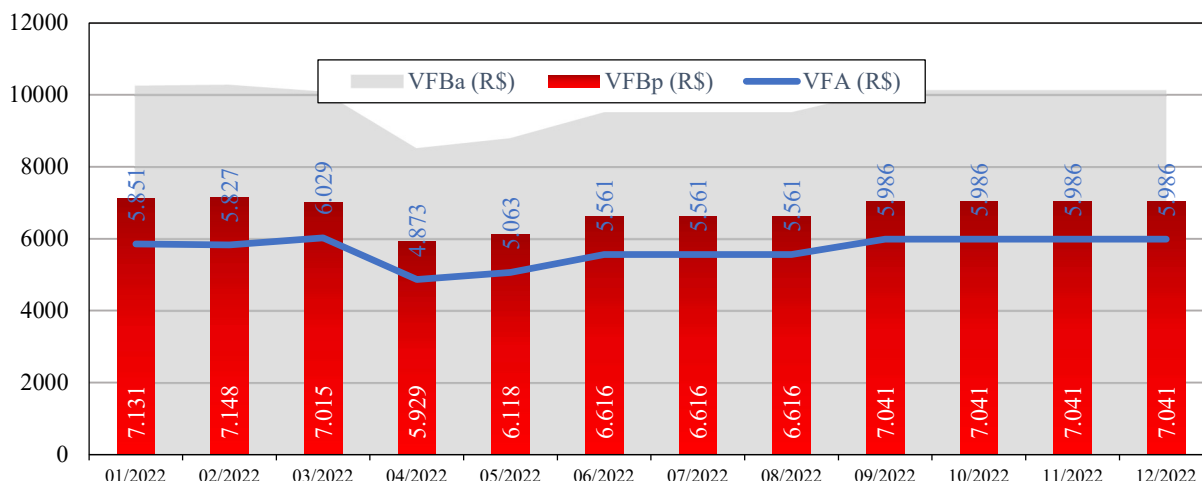


Figura 4. Comparação entre o consumo mensal do modelo atual com as propostas de eficiência energética tarifadas no grupo B e no grupo A. Sendo, VFBa: custo com o consumo de energia elétrica atual; VFBp: custo com o consumo de energia elétrica proposto tarifado no grupo B; VFA: custo com o consumo de energia elétrica proposto tarifado no grupo A.

3.7 Análise de viabilidade econômica

Após análise de mercado, verificou-se que seria possível obter um retorno financeiro com a venda dos equipamentos atuais de R\$ 93.015,50. Com a aquisição dos novos condicionadores de ar, o custo seria de R\$ 108,164,89, sendo necessário, então, um investimento de R\$ 15.149,39. A Tabela 8 apresenta os valores da análise da compra e venda dos equipamentos.

Tabela 8. Valor com a venda dos equipamentos antigos e da compra dos equipamentos novos. Sendo, Quant.: A quantidade de condicionadores de ar; Q: Potência térmica dos equipamentos; Vun: Valor unitário do equipamento; Ven: Valor de venda do equipamento; Vumo: Valor unitário do equipamento com o custo da mão de obra e frete de R\$1500,00 por equipamento.

Sala Tipo	Quant.	Atual			Proposto			
		Q (BTU/h)	Vun (R\$)	Ven (R\$)	Valor Total (R\$)	Q (BTU/h)	Vumo (R\$)	Valor Total (R\$)
A	11	60000	13.904,00	6.952,00	76.472,00	36000	8.298,99	91.288,89
B	2	60000	13.904,00	6.952,00	13.904,00	24000	6.779,00	13.558,00
C	1	24000	5.279,00	2.639,50	2.639,50	12000	3.318,00	3.318,00
Total	14				93.015,50			108.164,89

Dado a proposta de faturamento pelo grupo B, onde não haveria a necessidade de investimento para a aquisição e instalação de uma entrada de energia elétrica em Média Tensão (MT), como a do grupo A, seria necessário o investimento de R\$ 15,149,39, com um fluxo de caixa de R\$ 35,605,71 que é a economia gerada pela proposta de eficiência energética com a redução da potência térmica dos condicionadores de ar. Assim, a Tabela 9 apresenta os valores calculados, conforme equações apresentadas na seção de metodologia, do *Payback* descontado, do VPL e da TIR.

Tabela 9. Análise de investimento pelos métodos do *Payback* descontado, VPL e TIR.

Investimento (R\$)	15.149,39
FN - Fluxo de caixa (R\$)	35.605,71
Juros (%)	10,06
Nº de parcelas (anos)	1,00
Tempo mínimo (anos)	0,43
Payback (anos)	1,00
VPL	17.201,79
TIR	135,03%
Projeto Viável?	Sim

Para o período de um ano, calculou-se a VPL obtendo-se um valor positivo e a TIR maior do que foi a inflação de 2021. Portanto, conforme Samanez (2002), esse projeto seria viável financeiramente. Outro ponto a ser considerado na análise é a vida útil desses equipamentos. De acordo a Dêgelo (2018), a vida útil deles têm a média de 10 a 15 anos. Nesse quesito, considerando 10 anos de consumo, desconsiderando os juros, o montante total economizado com os custos da energia elétrica seria de R\$ 340.907,70 para o faturamento do grupo B.

4 Conclusão

Este estudo baseou-se em uma análise técnica-econômica sobre eficiência energética de uma escola técnica do SENAI de Ribas do Rio Pardo - MS. Demonstrou-se que há um sobre dimensionamento dos equipamentos de refrigeração de 348000 BTU/h, gerando um consumo desnecessário de energia elétrica de 38.045,50 kWh anuais e custos desnecessários de R\$ 35.605,71 com a fatura de energia elétrica para o faturamento do Grupo B.

Se efetuado a análise considerando o Grupo A, modalidade Tarifária Horária Verde, o valor da economia seria de R\$ 48.691,08, entretanto, nesse caso deve ser realizada como trabalho futuro, o estudo do investimento detalhado com a implantação de um posto de transformação e considerar também esse investimento nos cálculos. Muito provavelmente, essa proposta, não apresentaria viabilidade econômica, porque a diferença de economia entre as duas propostas tarifárias é de R\$13.085,37 ao ano e a implantação de um posto de transformação de 75kVA, atualmente não fica por menos de R\$100.000,00, representando quase 10 anos da diferença de economia entre as modalidades.

A proposta ainda considerou os cálculos de *Payback* descontado, TIR e VPL para uma análise da viabilidade econômica. Os cálculos, para o faturamento do grupo B, apresentam um retorno do investimento em tempo menor do que 1 ano, considerando juros de 10,06% ao ano. Considerando que a vida útil dos equipamentos tem uma média de 10 anos, esse valor totalizaria R\$ 340.907,70.

Este trabalho, portanto, cumpriu com seus objetivos, analisando se havia a condição de sobre dimensionamento dos condicionadores de ar, calculando os valores do consumo de energia elétrica atual e com a proposta de substituições dos condicionadores, resultando em maior eficiência energética, além de apresentar os investimentos financeiros necessários e sua viabilidade econômica.

Como propostas de continuidade de estudo, estaria a análise de viabilidade econômica para o Grupo A, com utilização de equipamentos de medição, que são mais precisos para a análise de consumo, como um analisador de energia, e obter as harmônicas e as influências destas no consumo de energia, bem como o dimensionamento da capacidade térmica, usando *softwares* apropriados como o *EnergyPlus* e *Design Builder*.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/MEC – Brasil, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001.

Referências bibliográficas

Abdelaziz, EA, Saidur, R e Mekhilef, S (2011) A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [e-journal], v. 15, n.1, pp.150-168. <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.003>>

ABNT (2018) *ABNT NBR 16401-1: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários - Parte 1: Projetos das instalações*. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT (2019) *ABNT NBR 16401-2: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários - Parte 2: parâmetros de conforto térmico*. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT (2023) *ABNT NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações - Parte 2 – Componentes e elementos construtivos das edificações — Resistência e transmitância térmica — Métodos de cálculo (ISO 6946:2017 MOD)*. Rio de Janeiro. ABNT.

ABRACEEL (2014) *Energia Livre: como a liberdade de escolha no setor elétrico pode mudar o Brasil*. São Paulo. ABRACEEL.

Alves, MR (2011) *Ambientes Didáticos da Graduação: Diretrizes para layout*. São Carlos: Suprema. Available at: <<http://www.prg.usp.br/wp-content/uploads/manualambientesdidaticos.pdf>> (Accessed 1 March 2017)

ANEEL (2016). *Por dentro da conta de luz: informação de utilidade pública*. 7th ed. Brasília: ANEEL.

ANEEL (2021) *Resolução Normativa ANEEL nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021*. Brasília: ANEEL.

ASHRAE (2012) *ANSI/ASHRAE Standard 55-2010: Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: ASHRAE. Available at: <https://www.ashrae.org/File%20Library/docLib/StdAddenda/55_2010_d_Published.pdf> (Accessed 12 March 2017)

Carlo, J and Lamberts, R (2005). *Elaboração de regulamentação e classificação de edificações eficientes: Processamento de arquivos climáticos para Simulação do desempenho energético de Edificações*. Florianópolis: LabEEE. Available at: <https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/arquivos_climaticos/RT200504.pdf> (Accessed 16 March 2017)

Cotrim, A (2009) *Instalações Elétricas*. 5th ed. São Paulo: Prentice Hall.

Dêgelo, M (2018) Tudo sobre ar-condicionado. *Revista casa e jardim*. Available at: <<https://revistacasaejardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Dicas/noticia/2017/01/tudo-sobre-ar-condicionado.html>> (Accessed 15 May 2022)

EDP (2022) *Bandeira Tarifária*. [online] Available at: <<https://www.edp.com.br/distribuicao-es/saiba-mais/informativos/bandeira-tarifaria>> (Accessed 21 April 2022)

ENERGISA (2020) *Norma de Distribuição Unificada 001 V.6.3*. João Pessoa: ENERGISA.

ENERGISA (2022) *Tipos de tarifa*. [online] Available at: <<https://www.energisa.com.br/paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>> (Accessed 21 April 2022)

Fasiuddin, M, Abdou, A e Budaiwi, I (2009) Zero-investment HVAC system operation strategies for energy conservation and thermal comfort in commercial buildings in hot-humid climate. *International Journal of Energy Research*, [e-journal]. <<https://doi.org/10.1002/er.1547>>

Ferrador Filho, AL, Aguiar, A e Kniess, C (2018) Eficiência energética com base nos critérios Procel: Estudo de caso em edifício público. *Holos*, [e-journal], v.7 <<https://doi.org/10.15628/holos.2018.7216>>

Hoof, TV et al (2015) Analysis of the predicted effect of passive climate adaptation measures on energy demand for cooling and heating in a residential building. *Energy*, [e-journal], v. 94, pp. 811-820. <<https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.11.036>>

ElSherbini, AI and Maheshwari, GP (2010) Impact of shading air-cooled condensers on the efficiency of air-conditioning systems. *Energy and Buildings*, [e-journal] v.42, n.10, pp. 1948-1951. <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.05.031>>

INMETRO (2022) *Condicionadores de ar*. [online] Available at: <<https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/condicionadores-de-ar>> (Accessed 15 May 2022),

LABCEE (2022) Planilha de Carga Térmica. Available at: <<https://wp.ufpel.edu.br/proben/files/2019/10/Planilha-simplificada-para-calculo-de-carga-termica.xls>> (Accessed 16 May 2022)

LEGISWEB (2022) Decreto Nº 9203 DE 18/09/1998. [online] Available at: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=135852>> (Accessed 03 April 2023)

Matosovic, M and Tomsic, Z (2018) Evaluating homeowners' retrofit choices – Croatian case study (Vol. 171). *Energy and Buildings*, [e-journal], v. 171, pp. 40-49 <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.04.020>>

Paone, A and Bacher, JP (2018) The impact of building occupant behavior on energy efficiency and methods to influence It: A review of the state of the art. *Energies*, [e-journal] <<https://doi.org/10.3390/en11040953>>

Ribas Do Rio Pardo (2015) *Lei complementar nº028, de 22 de dezembro de 2015: Contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública*. Ribas do Rio Pardo.

Samanez, CP (2002) *Matemática Financeira, aplicações a análise de investimentos*. 3rd ed. São Paulo: Prentice Hall.

Santos, A (2017) *Estudo e avaliação de performance em sistemas de ar condicionado: um comparativo entre sistemas split system e sistema VRV (vazão de refrigerante variáveis)*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém.

Silva, S et al (2013) Operative conditions evaluation for efficient building retrofit: a case study. *Indoor and Built Environment*, [e-journal], v. 22, n. 5 <<https://doi.org/10.1177/1420326X12456542>>

Tisi, Y and Guimarães, L (2019) Políticas públicas de estímulos comportamentais à eficiência energética. *Revista Videre*, [e-journal], v.11, n.22 <<https://doi.org/10.30612/videre.v11i22.10178>>

Viana, A et al (2021) *Eficiência energética: fundamentos e aplicações*. 2nd ed. Rio de Janeiro: Neoenergia.