

FREE COOLING: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA UTILIZANDO SISTEMA FREE COOLING NA REFRIGERAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TELECOMUNICAÇÕES

FREE COOLING: ENERGY EFFICIENCY USING FREE COOLING SYSTEM IN COOLING TELECOMMUNICATIONS STATIONS

Denis William Silva de Oliveira^{1, i}
Hermom Leal Moreira^{2, ii}
José Ricardo da Silva^{3, iii}

RESUMO

A técnica *free cooling* traz uma proposta promissora, que possibilita a utilização do ar externo para auxiliar na troca de calor reduzindo a utilização das máquinas de Ar Condicionado (AC) para refrigerar o local. Esse método pode reduzir em até 30% o consumo de energia. A crescente demanda por serviços digitais e conectividade tem impulsionado a expansão de infraestruturas críticas, como estações de telecomunicações (ERBs) e data centers. Este trabalho apresenta uma análise da aplicação do free cooling na refrigeração de estações de telecomunicações. A metodologia baseou-se em um estudo de caso aliado à uma pesquisa-ação. Por meio de um estudo de caso experimental em uma Estação Rádio Base (ERB), foi possível verificar uma redução média de 26% no consumo mensal de energia, com economia financeira média de R\$ 478,29/mês e retorno do investimento em 17 a 23 meses. Os resultados demonstram que o free cooling é uma solução viável e sustentável para eficiência energética em telecomunicações.

Palavras-chave: climatização; eficiência energética; *free cooling*; refrigeração.

ABSTRACT

The free cooling technique offers a promising solution, allowing the use of outside air to aid heat exchange, reducing the need for air conditioning (AC) units to cool the premises. This method can reduce energy consumption by up to 30%. The growing demand for digital services and connectivity has driven the expansion of critical infrastructure, such as telecommunications base stations (RBSs) and data centers. This paper presents an analysis of the application of free cooling in the cooling of telecommunications base stations. The methodology was based on a case study combined with action research. Through an experimental case study in a Radio Base Station (RBS), it was possible to verify an average 26% reduction in monthly energy consumption, with average financial savings of R\$478.29/month and a return on investment in 17 to 23 months. The results demonstrate that free cooling is a viable and sustainable solution for energy efficiency in telecommunications.

Keywords: Energy efficiency, Pool heating, Heating systems, Reducing operating costs, Sustainability

¹ Denis William Silva de Oliveira, Pós-graduado em Gestão de Energia e Eficiência Energética no Centro Universitário SENAI São Paulo Campus "Mariano Ferraz". E-mail: deniswso@hotmail.com

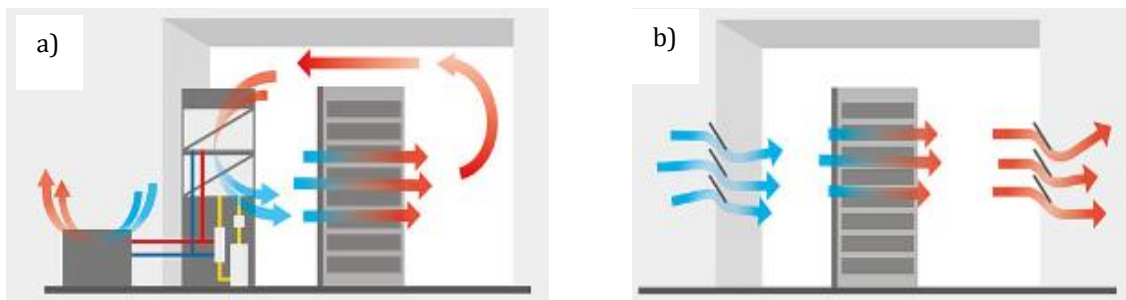
² Hermom Leal Moreira Docente e Dr. em Engenharia Elétrica do Centro Universitário SENAI São Paulo Campus "Mariano Ferraz". E-mail: hermom.moreira@sp.senai.br

³ José Ricardo da Silva. Docente e coordenador do curso. Me. em Engenharia de Produção do Centro Universitário SENAI São Paulo-Campus "Mariano Ferraz". E-mail: jricardo@sp.senai.br

1 INTRODUÇÃO

Estações de telecomunicações consomem quantidades significativas de energia, com sistemas de climatização representando até 50% do consumo total. A necessidade de resfriamento contínuo dos equipamentos, somada à inadequação térmica de muitas infraestruturas, torna essencial a busca por alternativas eficientes. O free cooling surge como uma técnica promissora, permitindo a utilização do ar externo para auxiliar na troca térmica, reduzindo a dependência de compressores de AC. Estudos anteriores, destacam o potencial de economias energética em sistemas de climatização, especialmente em data centers e ERBs. A aplicação de free cooling em telecomunicações ainda é incipiente no Brasil, mas experiências internacionais mostram reduções de consumo da ordem de 20 a 30%. Na figura 1 a) é apresentado o funcionamento de um ar-condicionado convencional. O ar quente gerado pelos equipamentos de telecomunicações passa pela condensadora onde é resfriado e retorna mais frio para o ambiente. Na figura 1 b) é ilustrado o funcionamento de um sistema free cooling. Quando identificado que a temperatura do ar em seu exterior está menor que em seu interior, esse ar é captado para auxiliar na refrigeração e na troca de calor do ambiente. Tal processo evita que as máquinas de ar-condicionado sejam ativadas gerando economia no consumo de energia da unidade.

Figura 1 – Funcionamento do sistema free cooling



Fonte: França (2018)

1.1 Problema de pesquisa

Redução de custos e impacto ambiental na refrigeração de estações de telecomunicações.

1.2 Objetivo

Implementar um sistema de refrigeração free cooling na Estação Rádio Base ERB e avaliar o desempenho do sistema free cooling em uma ERB, analisando seu impacto no consumo energético, viabilidade econômica e potencial de replicação em outras unidades.

1.3 Justificativa

Em redes de telecomunicações, o uso de energia pode representar mais de 92% dos custos operacionais, enquanto data centers, em 2024, já consumiam 1,7% da eletricidade total no Brasil, com projeções de crescimento global de 415 TWh em 2024 para 945 TWh até 2030. Necessidade de melhorar o desempenho térmico do sistema de resfriamento da ERB aplicando soluções sustentáveis no

âmbito ambiental e financeiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A climatização de ambientes, essencial para o funcionamento contínuo desses equipamentos, é um dos maiores ofensores nesse consumo, contribuindo para emissões de gases de efeito estufa e impactos ambientais. Foram realizados estudos referentes a climatização de ERBs, com sistemas de condicionamento de ar por água gelada, compostos principalmente por duas partes, o chiller e o fan coil. Outra referência foi o documento “Treinamento e capacitação para boas práticas em sistemas de AC do tipo split” de autoria do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), em alguns casos o evaporador também é chamado de unidade interna. Este método pode proporcionar uma redução substancial no consumo de energia, com estudos indicando economias que variam de 18% a 90% em data centers e ERBs. Por exemplo, um estudo de caso em um Edge Data Center da Claro demonstrou uma economia média de 18% no consumo anual de energia, enquanto outras aplicações reportaram reduções de até 75% e até 90% em climas amenos. Além da economia energética, o free cooling contribui para a sustentabilidade, prolonga a vida útil dos equipamentos e oferece um retorno do investimento (payback) em períodos tão curtos quanto dois a três anos [6].

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada utilizou dados de um estudo de caso implementando uma pesquisa-ação baseada em três etapas principais:

- Revisão Bibliográfica;
 - Análise do sistema Free cooling;
 - Medição e verificação antes e depois da implantação do sistema Free Cooling.
- O estudo caracteriza-se como experimental e de caso único, realizado em uma ERB localizada em Santa Catarina. A metodologia seguiu as diretrizes do IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol) para medição e verificação de economias de energia. As etapas de estudos foram:
- Levantamento inicial: análise do consumo energético e identificação do AC como principal consumidor;
 - Instalação do sistema: adaptação do controlador AGST CONFLEX DUO para operar com free cooling, incluindo sensores de temperatura interna e externa;
 - Coleta de dados: utilização de analisador de energia ISSO DMI F200R para monitoramento contínuo do consumo antes e após a implementação;
 - Análise: comparação de curvas de carga, cálculo de payback e avaliação sazonal.

Os Critérios de avaliação foram:

- Redução percentual do consumo de energia;
- Economia financeira mensal e anual;
- Tempo de retorno do investimento (payback);
- Percentual de tempo de operação em modo free cooling.

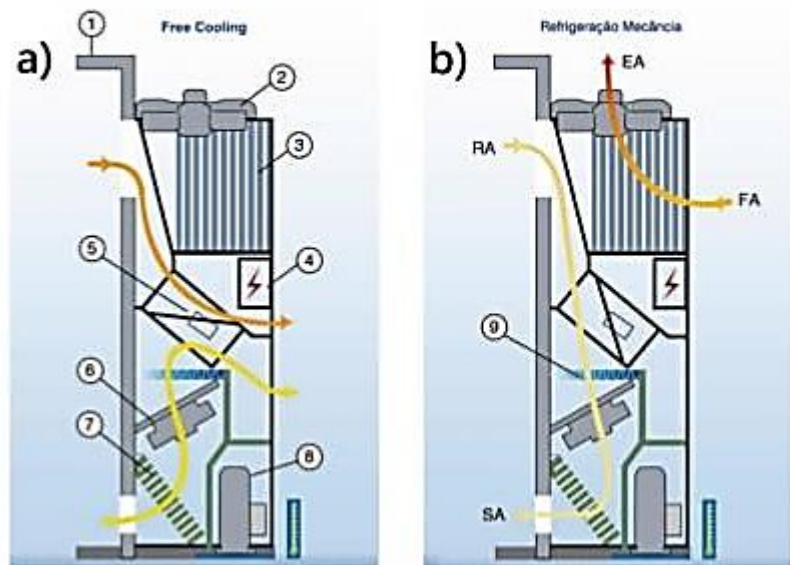
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi instalado na ERB o Sistema Free Cooling fig 2 na ERB fig 3 com o sistema de

automação para controle do sistema fig 4.

Figura 2 – Funcionamento do AC com dumper

1. Infraestrutura da Sala
 2. Ventilador do Condensador
 3. Condensador
 4. Caixa de Controle Elétrico
 5. Damper
 6. Ventilador de Insuflamento
 7. Evaporador
 8. Compressor
 9. Filtro de Ar
- EA: Ar de Exaustão
RA: Ar de Retorno
FA: Ar Fresco
SA: Ar de Insuflamento



Fonte: Airsys [s. d.]

Figura 3 – Local de instalação AC, área externa



Fonte: Fotografado pelo autor

Figura 4 – Controlador das máquinas de AC



Fonte: Fotografado pelo autor

Medição e Verificação

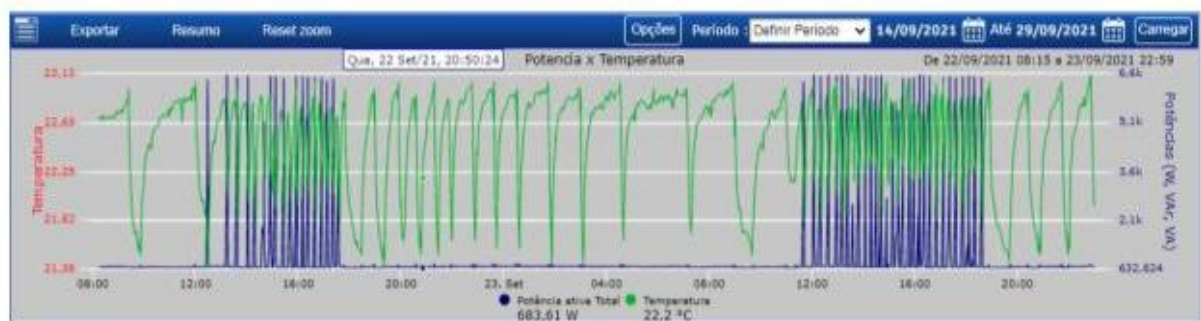
Foram feitas medições para evidenciar o resultado da aplicação

Figura 10 – Gráfico de acionamento antes da implementação do free cooling



Fonte: Autor

Figura 11 – Gráfico de acionamento após implementação do free cooling



Fonte: Autor

Para ilustrar a eficácia do free cooling, diversos estudos de caso e pesquisas corroboram a redução de consumo e o tempo de retorno do investimento. Conforme dados levantados, a economia de energia pode variar amplamente dependendo das condições climáticas e do perfil de carga da instalação como comparado a um Edge Data Center da Claro obteve uma economia média de 18% no consumo anual de energia com a aplicação do free cooling. Em outros cenários otimizados e climas favoráveis, a redução do consumo de energia pode atingir até 75% e, em alguns casos, superar 90%. A Tabela 1, indica estes resultados.

Tabela 1: Redução Média de Consumo de Energia com Free Cooling em Diferentes Aplicações

Aplicação	Redução Média de Consumo	Fonte
Edge Data Center Claro	18%	ZIENZ
Geral (climas amenos)	Até 75%	4paredes.info
Geral (otimizado)	té 90%	STULZ, TECO

Fonte: Autor

É importante ressaltar as limitações do estudo e da aplicação do free cooling. A principal delas reside na influência das variações sazonais de temperatura. A eficácia do free cooling é diretamente proporcional à diferença de temperatura entre o ambiente interno e externo. Em períodos de altas temperaturas externas (verão), a capacidade de resfriamento do free cooling pode ser reduzida, exigindo maior complementação dos sistemas de AC tradicionais. Portanto, a análise da viabilidade e o dimensionamento do sistema devem considerar o perfil climático da localidade para maximizar os benefícios e garantir a eficiência energética ao longo do ano.

5 CONCLUSÃO

Após análises de energia elétrica, podemos observar que o AC foi determinado como principal uso significativo de energia, pois seus acionamentos constantes elevam consideravelmente os gastos com a energia elétrica gerando um alerta referente à correta utilização da energia elétrica nos sites ERBs de telefonia.

Ao observar os dados coletados pelo analisador de energia, é importante ressaltar que apesar de seus benefícios, o sistema de free cooling deve ser utilizado como um complemento na climatização de uma ERB. As mudanças de temperatura e umidade da localidade tornam sua operação viável, principalmente no verão.

Nota-se que, pela amostra da operação do sistema de climatização antes da implantação do free cooling, os compressores sofriam acionamento e desligamento constantes. Após sua implantação, os dados demonstraram que estes acionamentos foram reduzidos e em muitos períodos apenas o free cooling climatizou a instalação. O payback simples aplicado também demonstrou que esta aplicação pode-se mostrar um investimento interessante, além de colaborar no consumo sustentável de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

4PAREDES.INFO. A tecnologia que reduz o consumo energético em edifícios. Disponível em: <https://www.4paredes.info/free-cooling/>. Acesso em: 16 set. 2025.

AIRSYS; BERLINERLUFT DO BRASIL. Ar condicionado de precisão wall mounted. Disponível em: <https://www.tropicalrio.com.br/catalogos/arc-ar-condicionado-de-precisao-wall-mounted.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2024.

ASHRAE. Thermal Guidelines for Data Processing Environments. 2013.

BARROS, Benjamim Ferreira de; BORELLI, Reinaldo; GEDRA, Ricardo Luis. Eficiência energética: técnicas de aproveitamento, gestão de recursos e fundamentos. São Paulo: Saraiva, 2015.

CAMPANHOLA, F. P. Avaliação de sistemas de condicionamento de ar para salas de prédio público. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.

CONVERGÊNCIA DIGITAL. Data center consumiu apenas 1,7% do consumo total de energia elétrica do país. Disponível em: <https://convergenciadigital.com.br/governo/data-center-consumiu-apenas-17-do-consumo-total-de-energia-eletrica-do-pais/>. Acesso em: 16 set. 2025.

DATA CENTER DYNAMICS. IEA: Consumo de energia de data centers deve dobrar até 2030 para 945 TWh. Disponível em: <https://www.datacenterdynamics.com/br/not%C3%ADcias/iea-consumo-de-energia-do-data-center-deve-dobrar-at%C3%A9-2030-para-945-twh/>. Acesso em: 16 set. 2025.

ECOCLIMAS. Você sabe qual é a relação entre climatização e meio ambiente? Disponível em: <https://www.ecoclimas.com.br/blog/voce-sabe-qual-e-relacao-entre->

climatizacao-e-meio-ambiente/
. Acesso em: 16 set. 2025.

FRANÇA, A. O uso de energia fotovoltaica em data centers. 2018. Trabalho acadêmico.

GODOY, R. C. Z. O ar condicionado como fonte potencial de risco à saúde dos trabalhadores de call centers. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ISSO. Analisador medidor de energia DMI F200R Black Box. Disponível em: <https://isso.digital/produto/180/1>
. Acesso em: 26 jan. 2024.

MATTOS, Neide Simões de. Terra em alerta. São Paulo: Saraiva, 2010.

MILLER, Rex. Refrigeração e ar condicionado. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MOREIRA, José Roberto Simões. Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

PÓVOA, Marcos Cortez Brito Leite. Fatores de influência na eficiência energética. 2014. Projeto de Graduação (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010700.pdf>
. Acesso em: 20 jun. 2023.

STULZ. Free cooling in data centers: More cost efficiency through dynamic control. Disponível em: <https://www.stulz.com/newsroom/detail/free-cooling-in-data-centers-more-cost-efficiency-through-dynamic-control-1-2/>
. Acesso em: 16 set. 2025.

TECO. Free Cooling system to reduce shelter operating expenses. Disponível em: <https://teco-ua.com/free-cooling-system>
. Acesso em: 16 set. 2025.

TELECO Inteligência em Telecomunicações. Data center I: refrigeração e controle de umidade. 2013. Disponível em: https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialdcseg1/pagina_5.asp
. Acesso em: 29 nov. 2023.

TRANE. Refrigeração gratuita. Disponível em: <https://trane.eu/pt/hvac-solutions/1-cooling-systems/11-free-cooling.html>
. Acesso em: 16 set. 2025.

VERTIV. Táticas de gerenciamento de energia para redes de telecom. Disponível em: https://www.vertiv.com/4a8e5d/globalassets/documents/white-papers/vertiv-energy-management-tactics-for-telecom-wp-pt-latam-gl-dc-00173-pt-web_368108_0.pdf
. Acesso em: 16 set. 2025.

ZIENZ. Free cooling para otimização de Edge Data Center. Disponível em: <https://zienz.com.br/estudo-caso/free-cooling-otimizacao-edge-data-center/>
. Acesso em: 16 set. 2025.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, aos meus pais e aos professores.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Sobre os autores:

i Denis William Silva de Oliveira



Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Faculdade UNICID (2018), e Pós-Graduação em Gestão de Energia e Eficiência Energética pelo Centro Universitário UniSenai (2021). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica com ênfase em Telecomunicações. É técnico especialista em operação e manutenção de manutenção da rede de transmissão 2G e 3G na empresa Nextel.

ii Hermom Leal Moreira

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela UFMT (2006), especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UNIC (2007), Mestrado pela UNESP (2015) e Doutorado (2021) ambos em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da USP. Atualmente é professor da Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica, lecionando as disciplinas de Gestão de Energia e Mercado de Energia no curso de Pós-graduação em Gestão de Energia e Eficiência Energética. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica.

iii José Ricardo da Silva



Possui graduação em Pedagogia com especialização em Administração Escolar pela FAI- Faculdades Associadas Ipiranga (1996), e Mestrado em Engenharia de Produção (2010) pela Universidade Paulista. Atualmente é coordenador do Campus “Mariano Ferraz” Tem experiência na área de Automação Industrial e Mecatrônica