



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS

TIC TRENS



CPTM

31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

Otimização da Demanda Contratada de Energia: Estudo de Caso no VLT

Carioca

SOBRE OS AUTORES

Vitor Nunes Cruz - Engenheiro de Produção pela UFOP e mestre em Engenharia de Transportes pelo IME, atua como especialista em Engenharia de Operações na Motiva. Com mais de 10 anos de experiência no setor de transporte de passageiros, contribui em projetos de implantação, manutenção e operação de sistemas metroferroviários. Possui sólidos conhecimentos em modelagem matemática, pesquisa operacional e estatística aplicada à solução de problemas complexos. É autor de diversos artigos técnicos e acadêmicos apresentados em congressos nacionais e internacionais, e representa o VLT Carioca no grupo internacional de benchmarking BOLTS, coordenado pelo Imperial College London.

Orivalde Soares da Silva Júnior - Doutor em Engenharia de Produção pela PUC-Rio, com pós-doutorado na mesma instituição, mestre em Engenharia de Transportes pelo IME e graduado em Ciência da Computação. É Professor Adjunto no Instituto Militar de Engenharia, atuando em disciplinas de graduação e pós-graduação nas áreas de logística, planejamento e avaliação de transportes. Tem experiência em roteirização de veículos e planejamento de transporte urbano.



Otimização da Demanda Contratada de Energia: Estudo de Caso no VLT

Carioca.

INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta uma abordagem de otimização da demanda contratada de energia elétrica por meio de um modelo de programação linear, com aplicação prática na concessionária VLT Carioca. O método proposto visa minimizar os custos de faturamento considerando as regras vigentes para o mercado e sem qualquer alteração operacional. A modelagem foi aplicada com base em dados históricos das faturas e memória de massa fornecida pela própria distribuidora, permitindo a simulação de diferentes cenários de contratação. Como resultado, foi identificada uma economia potencial de aproximadamente R\$ 618.079,52, equivalente a 7% do orçamento total de energia para os próximos 12 meses subsequentes ao ajuste dos contratos de demanda de potência da companhia.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Contextualização e Justificativa

A gestão eficiente da demanda contratada de energia elétrica é um fator crítico para consumidores de médio e grande porte, especialmente em ambientes tarifários com penalidades por ultrapassagem e variações sazonais de consumo. A contratação inadequada pode resultar em custos elevados, seja por subcontratação (gerando multas por ultrapassagem) ou por supercontratação (pagamento por capacidade ociosa). Nesse contexto, a otimização da demanda contratada surge como uma ferramenta estratégica para minimizar os custos de faturamento, promovendo eficiência energética e econômica.

Neste sentido, este trabalho propõe um modelo matemático baseado em programação linear para apoiar a tomada de decisão na definição da demanda contratada ideal. A metodologia é aplicada a um estudo de caso real, envolvendo a concessionária VLT Carioca, e considera dados históricos de consumo e medições horárias. O artigo apresenta a formulação do modelo, a análise de diferentes cenários de contratação e os impactos econômicos esperados com a adoção da solução otimizada. Espera-se que os resultados contribuam para a racionalização dos contratos de energia para a redução dos custos operacionais em sistemas de transporte urbano eletrificado, sem qualquer prejuízo ou restrição a sua atividade fim, relacionada ao transporte de passageiros.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O custo com energia elétrica representa, historicamente, o primeiro ou segundo maior item de despesa operacional em sistemas metroferroviários de passageiros, ficando atrás apenas da folha de pagamento na maioria dos casos. No Metrô de São Paulo, por exemplo, o consumo anual de energia elétrica em 2019 foi de 477 GWh, dos quais cerca de 70% foram destinados à tração dos trens, totalizando um custo de R\$ 227 milhões, conforme dados publicados pela ANPTrilhos (2021).

Ademais, o dimensionamento adequado da demanda contratada não apenas reduz custos diretos, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental e a eficiência do sistema elétrico nacional. A redução de ultrapassagens e o uso racional da energia evitam desperdícios, diminuem a necessidade de investimento adicional na capacidade instalada para os horários de pico e favorecem a maior previsibilidade e segurança elétrica para o sistema. Em adição, a economia gerada pode ser reinvestida em melhorias operacionais, beneficiando diretamente os usuários do transporte público e uma alocação de recursos eficiente.

Referencial Teórico

A otimização da demanda contratada pode ser formulada como um problema de programação linear, onde o objetivo é minimizar o custo total de energia elétrica, considerando tarifas diferenciadas e penalidades por ultrapassagem. Essa abordagem é amplamente utilizada em sistemas de energia e transporte, especialmente em ambientes com múltiplas unidades consumidoras e perfis de carga variáveis.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Estudos como os de Wei e Wang (2020) demonstram a aplicação de modelos matemáticos para a operação integrada de infraestruturas energéticas, incluindo redes de transporte eletrificadas. Além disso, revisões recentes destacam o uso de técnicas de otimização robusta, programação inteira e modelos estocásticos para lidar com incertezas na demanda e nos preços.

Na indústria de transportes, a modelagem matemática tem sido amplamente aplicada para otimizar o consumo energético de sistemas ferroviários e veículos elétricos, considerando restrições operacionais e tarifárias. Tais aplicações reforçam a relevância da abordagem adotada neste estudo, que combina dados históricos, lógica tarifária e critérios operacionais para propor soluções economicamente viáveis. Conforme apontado por González-Gil et al. (2014), a integração entre dados operacionais e técnicas de otimização energética representa um caminho promissor para a redução do consumo em sistemas de transporte urbano.

Por fim, Saccaro e Corso (2019) e Azevedo e Filho (2021) apresentem em seus trabalhos exemplos de aplicação em modelagem para otimização da demanda de potência com base em algoritmos genéticos, também visando a minimização dos custos totais e garantia de maior eficiência na utilização do sistema elétrico.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Metodologia

Objetivo do Modelo:

O modelo desenvolvido é classificado como um problema de Programação Inteira Mista com Linearidade por Partes (Piecewise Linear Mixed Integer Programming – PWL-MIP), voltado à otimização de contratos de demanda elétrica sob regime tarifário com penalidades, com o objetivo de determinar os valores ótimos de demanda contratada X_{ij} para cada unidade i e faixa horária j , de forma a minimizar o custo global de faturamento. A demanda contratada é constante ao longo dos meses, e a penalidade por ultrapassagem só é aplicada se a demanda ativa ultrapassar o limite de tolerância de 5% e, em alguns casos, pode haver descontos específicos na composição tarifária. Com base nisso, sua formulação matemática é apresentada a seguir:

Formulação Matemática:

Índices e Conjuntos:

- $i \in U$: unidades consumidoras
- $j \in H$: horários (Ponta, Fora Ponta)
- $m \in M$: meses

Parâmetros:

- M_{ijm} : demanda ativa medida.
- P_{ijm} : tarifa base.
- θ : fator de desconto aplicado à tarifa da demanda contratada.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- $\delta = 0,05$: tolerância (5%)

Variáveis de decisão:

- X_{ij} : Demanda contratada
- U_{ijm} : Ultrapassagem passível de multa
- A_{ijm} : Ultrapassagem isenta de multa

Função objetivo:

$$\min Z = \sum_{i \in U} \sum_{j \in H} \sum_{m \in M} [(1 - \theta) \times P_{ijm}(X_{ij} + A_{ijm}) + 2 \times P_{ijm}U_{ijm}]$$

Sujeito à:

1. Definição da ultrapassagem passível de multa:

$$U_{ijm} = M_{ijm} - X_{ij}, \quad \text{se } M_{ijm} > (1 + \delta) \times X_{ij}$$

$$U_{ijm} = 0, \quad \text{caso contrário}$$

2. Definição da ultrapassagem isenta de multa:

$$A_{ijm} = M_{ijm} - X_{ij}, \quad \text{se } M_{ijm} > X_{ij}$$

$$A_{ijm} = 0, \quad \text{caso contrário}$$

3. Definição do valor mínimo de contratação:

$$X_{ij} \geq 30, \quad \forall i \in U, j \in H$$



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

4. Definição do domínio das variáveis:

$$X_{ij} \in \mathbb{Z}^+ , \quad \forall i \in U, j \in H$$

$$U_{ijm} \in \mathbb{Z}^+ , \quad \forall i \in U, j \in H, m \in M$$

$$A_{ijm} \in \mathbb{Z}^+ , \quad \forall i \in U, j \in H, m \in M$$

DIAGNÓSTICO

Contexto Operacional

O VLT Carioca opera com uma infraestrutura elétrica robusta, alimentando trens, estações e áreas de apoio operacional, como a oficina e as áreas administrativas, por meio de um anel de média tensão em 13,8 KV. Devido à natureza intermitente da demanda influenciada por horários de pico, eventos urbanos, exposição solar, sazonalidade e a própria flexibilidade oferecida pelo anel MT, a previsão e contratação de demanda de potência torna-se um desafio operacional e estratégico. Nesta ótica, a ausência de ajustes finos na demanda contratada levou a ultrapassagens recorrentes no ano de 2024 e início de 2025, especialmente nos horários de ponta que consistem no momento de maior custo tarifário, conforme apresentado pelo gráfico da figura 1:

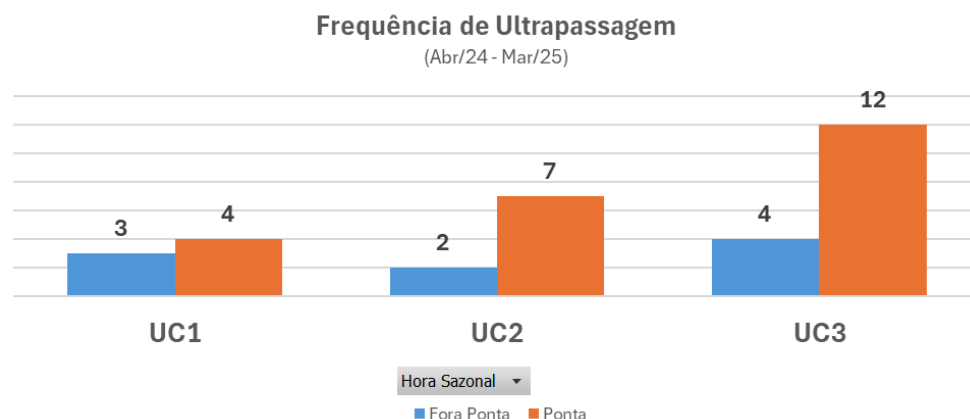


Figura 1 – Frequência de ultrapassagens em 1 ano. Fonte: O autor.

Note pelo gráfico de cada uma das unidades consumidoras que é evidente a necessidade de correção para mitigação ou eliminação dos estouros, seja por ações operacionais que solucionem o fenômeno causador ou por ajustes na contratação, partindo da premissa que o sistema funciona em condições normais e trata-se de um dimensionamento equivocado.

Aprofundando a análise para a UC3 que se apresenta no gráfico acima como caso mais crítico, o perfil máximo de demanda ativa na hora ponta da UC3 no primeiro trimestre de 2025 nos apresenta oportunidade de identificação por meio analítico uma clara percepção sobre o grau de exposição com que a unidade consumidora apresenta para a hora ponta, conforme é identificado nos gráficos da Figura 2:

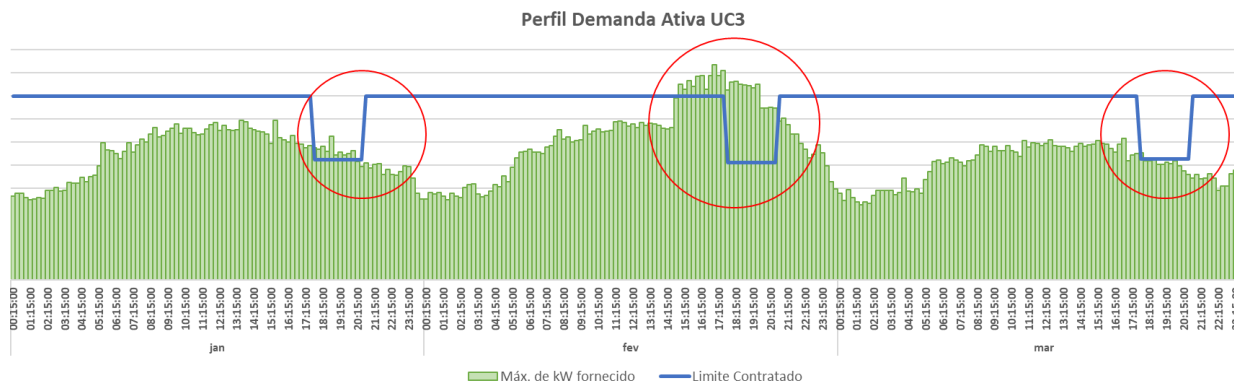


Figura 2 – Perfil de Demanda Ativa. Fonte: O autor.

Naturalmente, a ação imediata passa por entender as razões pelas quais estas ultrapassagens acontecem e, a exemplo deste caso, sendo um padrão sem qualquer indício de anomalias no contexto da operação, o ajuste do contrato faz-se necessário para correção do problema e mitigação das penalizações.

Ainda assim, como dito anteriormente, o perfil de demanda em um sistema de transportes é dotado de uma dinâmica particular pela alternância de cargas promovida pela circulação de trens ao longo do dia, dias e meses, logo, o modelo se propõe em ir além de buscar a simples cobertura dos estouros, ao passo que ao considerar os dados históricos de um horizonte de tempo maior visa redução global dos custos, seja pela correção de subdimensionamentos, superdimensionamentos ou até mesmo pela exposição mínima à estouros que possam minimizar custos globais, valendo-se das oportunidades contratuais e prerrogativas oferecidas pela resolução normativa ANEEL Nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021, que padroniza os critérios comerciais na relação entre distribuidores e seus clientes.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Especificamente neste estudo de caso, o VLT Carioca se apresenta como um consumidor de energia do ambiente de comercialização livre (ACL), do qual conta com uma contratação de energia com um desconto de 50% nas tarifas referentes à demanda contratada, conforme ANEEL (2022). Obviamente, este parâmetro será previsto no modelo e influenciará diretamente o qual susceptível a estratégia de contratação deverá ser exposta a ultrapassagens e pagamentos de multas, da qual o desconto não é aplicável e eleva o custo tarifário do dobro para o quádruplo do valor em relação à tarifa convencional.

Aplicação do Modelo

Idealmente, o período de análise do modelo deve ser de no mínimo 12 meses, ao passo que se tenha um ciclo sazonal completo e assim seja possível garantir todas as variações provenientes das externalidades que afetam o consumo elétrico do sistema. Adicionalmente, deve-se observar que as condições e premissas operacionais do período de análise devem ter sido as mesmas ou muito similares, a ponto de não oferecerem tendência ao resultado do modelo. Por outro lado, se há dados provenientes de simulações ou previsões de consumo, os dados históricos podem ser substituídos por tais informações teóricas de quanto se espera ter de demanda ativa para o próximo ciclo de 12 meses, de forma que o modelo receba o melhor dado de entrada possível para que a otimização da contratação seja exitosa.

Saliento que o propósito do modelo não é simular ou dimensionar a DEMANDA ATIVA do sistema, inclusive, esta informação histórica ou estimada é premissa fundamental



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

para inserção no modelo, que por sua vez irá definir o melhor equilíbrio de DEMANDA CONTRATADA, para que se tenha o mínimo custo global possível.

Com base nas considerações acima, a aplicação do modelo matemático no estudo de caso do VLT Carioca foi baseada em um conjunto abrangente de dados históricos de consumo, que incluiu:

- Faturas mensais de energia elétrica entre janeiro de 2024 e abril de 2025, para cada uma das três subestações alimentadoras do sistema;
- Memória de massa (dados de medição horária) entre janeiro de 2025 e março de 2025, utilizada para análises mais críticas e detalhadas do comportamento da carga;
- Constatação de que não houve nenhuma mudança considerável no período de análise, sendo os principais critérios: frota máxima nos picos, frota máxima nos vales, configuração e balanceamento de cargas do sistema elétrico, introdução de novas cargas significativas ao sistema.
- Previsão de estabilidade em relação à adição ou retirada de novas cargas, leia-se perfil de frota pico e vale muito similar aos dados históricos.

Desta forma, foi definida uma análise comparativa entre quatro cenários distintos, que incluiu uma análise empírica de correção para entender o quão eficiente o modelo se apresenta frente ao método analítico:



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

1. **Cenário Base:** Contrato atual e base comparativa para identificarmos como cada cenário performa em relação ao dimensionamento atual.
2. **Ajuste Empírico:** O ajuste intuitivo, corrigindo analiticamente a cobertura dos contratos que não estão suficientemente dimensionados e ensejam em custos extras por penalizações por ultrapassagens.
3. **Otimização (Base Faturas):** Primeiro cenário obtido a partir do modelo de otimização, em que são imputados os dados de demanda presente nas faturas dos últimos 12 meses. Este cenário é suficiente para correção dos casos imediatos de subdimensionamento, contudo, a informação de demanda ativa é apresentada apenas como o valor mínimo do contrato, mascarando possíveis casos de superdimensionamento.
4. **Otimização (Memória de Massa):** Novo exercício de otimização, utilizando um recorte da memória de massa fornecida pelo distribuidor, ao passo que os dados passam a representar toda a dinâmica de demanda ativa do sistema em um intervalo de 15 em 15 minutos. Diferente do cenário anterior, neste caso a demanda ativa real é computada no modelo, de modo que também seja possível a correção dos casos de superdimensionamento do contrato.

Utilizando o software Excel, por meio do seu pacote suplementar Solver, foi implementado o modelo matemático já descrito nas seções anteriores, bem como



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

carregado todos os parâmetros reais referentes à distribuidora Light, responsável pela prestação do serviço na área operada pelo VLT Carioca.

Vale ressaltar que o modelo descrito tem uma apresentação genérica aplicável a qualquer tipo de segmento ou sistema, bem como a utilização do Excel para modelagem é uma decisão específica a este exercício em função da sua flexibilidade e popularidade enquanto sistema computacional, contudo não há qualquer tipo de restrição caso outra ferramenta de otimização fosse utilizada em sua substituição.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir da aplicação do modelo o resultado oferece uma economia potencial de R\$ 618.079,52, o que representa aproximadamente 7% de redução sobre o orçamento total de energia previsto para os próximos 12 meses a partir do ajuste contratual. Essa economia foi obtida por meio da correção dos subdimensionamentos mais evidentes e de superdimensionamentos mais sutis, revelados pela modelagem e que oferecem uma condição de exposição adequada para a redução global dos custos. Os resultados são apresentados no gráfico da Figura 3.

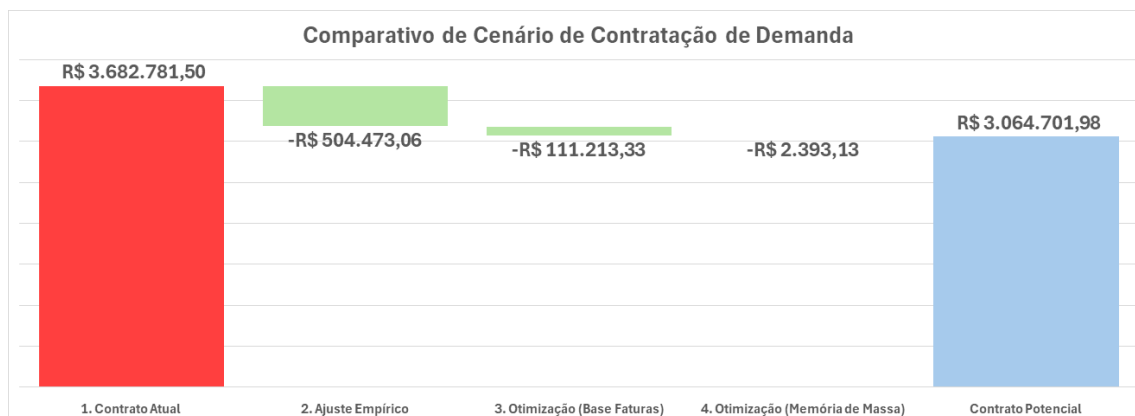


Figura 3 – Comparação entre cenários. Fonte: O autor.

Conforme visto pelo gráfico acima, o cenário 1 oferece o atual contexto de custos de demanda a partir da contratação vigente. A partir do cenário 2, são implementadas mudanças nos contratos e simulada as modificações na mesma base tarifária para identificação do ganho real a cada melhoria oferecida pelos cenários. Portanto, a simples correção de cobertura por meio analítico, cenário 2, já oferece um ganho de R\$ 504.473,06 em relação ao cenário base, tratando-se da forma convencional e comumente aplicada neste tipo de problema. Não obstante, o que se pretende é ir além e atingir um cenário ótimo para obtenção do menor custo possível, obtido apenas por meio da aplicação do modelo nos cenários 3 e 4, ao passo que em poucos segundos o modelo retorna um resultado que consiste no próprio ajuste identificado analiticamente, mas também ajustes que oferecem uma economia adicional de R\$ 113.606,46 ao aplicar os resultados do cenário 4, que otimiza os contratos com base na memória de massa do sistema.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Tabela 1 – Resultado de contratações. Fonte: O autor.

Cenários de Contratação	UC1		UC2		UC3	
	HFP	HP	HFP	HP	HFP	HP
1. Contrato Atual	1300	1200	1570	930	1450	930
2. Ajuste Empírico	1300	1200	1570	1200	1450	1200
3. Otimização (Base Faturas)	1304	1348	1570	1132	1450	1456
4. Otimização (Memória de Massa)	1601	1567	1186	1114	1508	1191

Por meio da Tabela 1, é possível identificar em detalhes que em diversos casos o contrato foi elevado, ainda sim a correção da exposição a ultrapassagem proporciona uma substituição dos altos valores pagos em multa por um valor inferior de capacidade contratada, oferecendo mais segurança e previsibilidade ao sistema.

Por outro lado, observe que os cenários 3 e 4 apresentam considerável diferença entre si. Isso ocorre em função do detalhamento que é oferecido na memória de massa possibilitar que o modelo identifique não somente o quadro de subdimensionamento, mas também casos em que na maior parte do tempo a demanda ativa é suficientemente baixa a ponto de permitir uma exposição maior ao risco de ultrapassagens pontuais, de forma que sofrer esta penalização ainda seja mais econômica do que uma contratação mais ajustada por um maior período de tempo. Logo, o cenário 4 apresenta-se como o ideal para dimensionamento ótimo dos custos.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou a eficácia da aplicação de um modelo de programação linear para a otimização da demanda contratada de energia elétrica em sistemas de transporte urbano eletrificado. Através da análise de dados históricos e da simulação de diferentes cenários, foi possível identificar oportunidades significativas de economia e eficiência operacional.

A aplicação prática no VLT Carioca evidenciou que ajustes bem fundamentados na contratação de demanda podem resultar em economias expressivas, como os R\$ 618.079,52 projetados para os próximos 12 meses, representando cerca de 7% do orçamento total de energia. Além do impacto financeiro, a abordagem contribui para a sustentabilidade do sistema, reduzindo desperdícios e incentivando o uso racional da energia.

A metodologia proposta é replicável e pode ser adaptada a outras concessionárias e setores com perfil de consumo similarmente desafiadores, servindo como ferramenta estratégica para a gestão energética e a tomada de decisões baseadas em dados.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº 1000, de 7 de dezembro de 2021. Estabelece as disposições relativas aos direitos e deveres dos consumidores de energia elétrica. Brasília, DF: ANEEL, 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000>. Acesso em: 14 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº 1.031, de 26 de julho de 2022. Estabelece os percentuais de desconto aplicáveis à TUSD e à demanda contratada para consumidores livres que contratam energia incentivada. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 26 jul. 2022. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231031.html>. Acesso em: 14 jun. 2025.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES DE PASSAGEIROS SOBRE TRILHOS (ANPTrilhos). Análise técnico-econômica para implantação de subestações inversoras por simulação computacional. 2021. Disponível em: https://anptrilhos.org.br/wp-content/uploads/2021/10/8-premio-tecnologia-c3-448_Analise-tecnico-economica.pdf. Acesso em: 14 jun. 2025.

AZEVEDO, T. B. C. de; FILHO, M. C. P. Otimização da demanda de potência contratada utilizando algoritmos genéticos. Seminário Brasileiro de Simulação em Engenharia (SBSE), v. 1, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.48011/sbse.v1i1.2220>.



31ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
12º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

GONZÁLEZ-GIL, A.; PALACIN, R.; BATTY, P.; POWELL, J. P. A systems approach to reduce urban rail energy consumption. *Energy Conversion and Management*, v. 80, p. 509–524, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.01.060>.

SACCARO, E. J.; CORSO, L. L. Otimização de contratação de demanda de potência ativa por meio do uso de algoritmos genéticos. *Scientia cum Industria*, v. 7, n. 2, p. 88–93, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18226/23185279.v7iss2p88>.

SAHARIDIS, G. K. D.; MOZA, Z.; GOLIAS, M. Special issue title: Optimization and mathematical modeling in energy systems. *Energy Systems*, v. 12, p. 835–839, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12667-021-00443-x>.

WEI, W.; WANG, J. Modeling and optimization of interdependent energy infrastructures. Cham: Springer, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-25958-7>. Acesso em: 14 jun. 2025.