

FERRAMENTA DE OTIMIZAÇÃO PARA ALOCAÇÃO DE GERAÇÃO PRÓPRIA¹

Layza Maria Vimieiro Marques de Lima

Cleide Maria Vimieiro Marques

Elias José de Rezende Freitas²

RESUMO

A alocação de geração própria de energia é uma rotina que deve ser realizada, normalmente, a cada mês, pelos agentes que se enquadram na categoria de auto-produtores, produtores independentes com cargas próprias e consumidores participantes de consórcio e Sociedade de Propósito Específico (SPE) no Ambiente de Contratação Livre (ACL). Nesse contexto, a alocação de energia para as unidades do agente é feita baseada em uma distribuição proporcional ao seu consumo. Com o objetivo de otimizar essa distribuição, de maneira a obter os maiores ganhos possíveis para o agente, este trabalho apresenta uma ferramenta computacional que possibilita a alocação ótima de geração própria de energia, utilizando o método Simplex. Os resultados obtidos confirmam as vantagens de se utilizar essa ferramenta de otimização em relação a maneira comumente utilizada de alocação.

Palavras-chave: Mercado livre de energia. Geração própria. Otimização.

OPTIMIZATION TOOL FOR ALLOCATION OF SELF-GENERATED ENERGY

ABSTRACT

The allocation of self-generated energy is a routine that must be carried out, normally, every month by agents who fall into the category of self-producers, independent producers with their loads, and consumers participating in the Specific Purpose Company (SPE) in the Free Contracting Environment (ACL). In this context, it is usual to use a distribution proportional to consumption for the agent's units for the allocation of energy. Aiming to optimize this distribution to obtain the greatest possible gains for the agent, this work presents a computational tool that allows the optimal allocation of own generation using the Simplex method. The results obtained confirm the advantages of using this optimization tool concerning the commonly used way of allocation.

Keywords: Free energy market. Self-generated energy. Optimization.

¹ **Como citar este artigo:**

LIMA, L. M. V. M. de; MARQUES, C. M. V.; FREITAS, E. J. R. Ferramenta de otimização para alocação de geração própria. **ForScience**, Formiga, v. 9, n. 1, e00836, jan./jun. 2021. DOI: 10.29069/forscience.2021v9n1.e836.

² **Autor para correspondência:** Elias José de Rezende Freitas, elias.freitas@ifmg.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O Setor Elétrico Brasileiro (SEB) passou por vários períodos de estruturação que culminaram na segmentação em quatro subáreas: a geração, distribuição, transmissão e comercialização de energia elétrica. A comercialização é a responsável pelo funcionamento comercial do mercado de energia, oferecendo dois ambientes para aquisição de energia: (i) o Ambiente de Contratação Regulado (ACR), no qual os consumidores adquirem energia a preços e condições fixadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e (ii) o Ambiente de Contratação Livre (ACL), no qual os consumidores podem negociar livremente a energia, podendo escolher de quem comprar, por meio de acordos bilaterais.

O mercado livre de energia elétrica no Brasil, ou ACL, é viabilizado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2019), administrando as atividades contábeis, por meio de regras e mecanismos que promovam uma interação justa e segura entre os seguimentos do setor. Os aspectos financeiros tratados como pagamento único no ambiente cativo são desmembrados, no ambiente livre, gerando rotinas financeiras a serem acompanhadas pelos agentes.

No intuito de facilitar essas rotinas, encontra-se na literatura, artigos que tratam o desenvolvimento de ferramentas para auxiliar na contratação de energia e no gerenciamento de contratos, afim de facilitar o cumprimento das regulações da CCEE, como em (TAKIGAWA; MANTELLI; MURARO, 2014) e (SILVA; TAKIGAWA; LIMA, 2018).

Outros trabalhos propõem modelos de otimização, direcionados aos agentes distribuidores, como por exemplo, o modelo proposto em (RAMOS; SUSTERAS, 2006), baseado em algoritmos genéticos como apoio à comercialização desse agente, e o modelo apresentado em (LOPES; MARTINEZ; ARAÚJO, 2014), baseado em uma estratégia robusta, na qual o cálculo da função objetivo é realizado para os dois extremos de uma faixa de preço da liquidação das diferenças (PLD) previstas. Pode-se ainda encontrar abordagens diferentes, como a proposta por (BOURGES et al., 2012) que apresenta uma nova metodologia para alocação das perdas elétricas entre os geradores e cargas.

Além desses, há trabalhos que buscam prever o preço do mercado a curto prazo, dadas as incertezas envolvidas no preço da energia e o aspecto multivariável e, muitas vezes, de baixa previsibilidade (PEREIRA et al., 2018) e (AMARANTE et al., 2018).

Vale ressaltar ainda que a economia financeira oferecida nesse ambiente é um atrativo, viabilizando a migração de unidades consumidoras, como apresentado em (VASCONCELLOS et al., 2012) uma simulação de migração vantajosa para a unidade consumidora avaliada. Já em (FONSECA, 2015) é proposto um estudo de viabilidade direcionado à migração para o mercado livre incentivado, o qual apesar de apresentar um custo mais

elevado de energia é submetido à políticas de desconto, como incentivo às fontes renováveis.

Porém, diante desse panorama, percebe-se que aspectos mais específicos relacionados à rotina dos agentes no mercado livre e as especificidades demandadas por cada atividade, ainda são pouco abordados na literatura. Um dos fatores que pode contribuir para essa realidade é o fato do mercado livre de energia ser um ambiente relativamente novo no Brasil, cujo conhecimento específico a cerca de seu funcionamento ainda está concentrado nos profissionais que atuam na área, por meio de empresas que fornecem o serviços especializados de representação dos agentes no mercado livre.

Tendo em vista a ausência de trabalhos específicos para resolver essas rotinas típicas e necessárias dos agentes no mercado livre, este trabalho apresenta uma ferramenta de otimização para a alocação ótima de geração própria. A Alocação de Geração Própria (AGP) é um dos procedimentos que demandam tempo e uma análise prévia de agentes com características específicas de consumo e geração, sendo que esses necessitam da compilação e processamento de dados para obtenção da melhor distribuição da energia gerada. Enquadram-se nesta análise, agentes cujo padrão de consumo de energia mensal supera o montante de autoprodução no mesmo período, e suas cargas estejam localizadas em diferentes pontos do país, de forma que são submetidas à diferentes encargos na fatura de uso do sistema de distribuição e transmissão.

Dessa forma, as principais contribuições deste trabalho são: (i) a elaboração do problema de alocação de geração como um problema de otimização; (ii) desenvolvimento de uma ferramenta *open-source* que fornece os valores a serem alocados em cada unidade consumidora de maneira a obter o maior ganho com a distribuição da geração do agente e (iii) possibilitar uma análise de alocação com o intuito de obter a previsibilidade dos ganhos com alocação em um determinado período futuro.

As próximas seções deste artigo são organizadas como segue. A Seção 2 apresenta uma descrição geral do Mercado Livre de Energia. Na Seção 3 é apresentada a metodologia deste trabalho. A Seção 4 visa apresentar um estudo de caso e os resultados são expostos na Seção 5 onde são discutidos os ganhos obtidos com a utilização da ferramenta proposta. Por fim, a Seção 6 apresenta as conclusões e aponta os trabalhos futuros.

2 MERCADO LIVRE DE ENERGIA

No mercado livre, o agente realiza o pagamento da energia contratada por meio de uma fatura mensal, gerada pelo fornecedor de energia, separadamente do custo pelo uso do fio, que permanece sendo cobrado pela distribuidora local na fatura referente a tarifa

de uso do sistema de distribuição ou transmissão (TUSD/TUST).

Nesse ambiente, os aspectos financeiros são tratados de maneira desmembrada. Os encargos setoriais, por exemplo, retidos pelas distribuidoras nas faturas TUSD/TUST, referem-se a custos não gerenciáveis repassados aos consumidores para a garantia do equilíbrio econômico-financeiro. Entre eles estão a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) e o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA).

2.1 CDE e PROINFA

Conforme definição da Aneel, a CDE foi criada pela Lei nº. 10.438/2002 com o objetivo de promoção da universalização do serviço de energia elétrica no território nacional, promovendo descontos nas tarifas das classes rural e residencial baixa renda e garantindo a competitividade da energia produzida a partir de fonte eólica, pequenas centrais hidrelétricas, biomassa, gás natural e carvão mineral.

A partir da Lei 12.783/2013, as cotas passam a ser definidas em função dos recursos necessários para alcançar as finalidades da CDE, sendo que o custo é calculado pela Aneel e rateado por todos os consumidores atendidos pelo Sistema Interligado Nacional (ANEEL, 2019).

Percebe-se também que a Aneel busca incentivar o aumento da participação de fontes alternativas renováveis, sendo elas pequenas centrais hidrelétricas ou usinas eólicas ou até mesmo empreendimentos termelétricos a biomassa, por meio do PROINFA (criado pela Lei nº 10.438/2002 e regulamentado pelo Decreto nº 5.025/2004).

Assim como a CDE, os custos do programa são rateados entre os consumidores e seu cálculo leva em consideração: (i) o Plano Anual elaborado pela Centrais Elétricas Brasileiras S/A (ELETROBRAS) e (ii) o mercado de energia verificado, cativo e livre.

Esses encargos são cobrados nas tarifas TUSD/TUST e variam de acordo com a distribuidora, estado, submercado (SE/CO, S, NE, N), subgrupo de tensão (A1, A2, A3, A4, AS, etc.) e modalidade tarifária (Azul, Verde etc.)

Ao longo dos anos foram criadas políticas de incentivo, que utilizam aplicação de descontos para a promover a utilização de fontes de energia renovável e a autoprodução de energia, com o intuito de redução dos impactos ambientais e/ou o aumento da geração pulverizada de energia. Esse é o caso do desconto atribuído aos encargos CDE e PROINFA, obtido através do procedimento de alocação de geração própria, tema deste trabalho.

3 METODOLOGIA

3.1 Alocação de Geração Própria (AGP)

A Alocação de Geração Própria é um procedimento destinado aos agentes que se enquadram na categoria de autoprodutores, produtores independentes com cargas próprias e consumidores participantes de consórcio e Sociedade de Propósito Específico (SPE). Esses agentes tem o direito de alocar sua geração para atender às cargas próprias, para obterem isenção em parte da TUSD/TUST, referente aos encargos setoriais CDE e PROINFA. Conforme Art 2º do Decreto nº 6.210, de 18 setembro de 2007, os agentes consumidores participantes de Sociedade de Propósito Específico (SPE) podem realizar o procedimento para atender às suas cargas com demanda de potência igual ou superior a 3MW.

Para ter direito ao benefício, o agente deve declarar mensalmente, em um sistema específico da CCEE, a porcentagem de alocação para cada unidade de consumo (cargas). A Figura 1, apresenta um fluxograma dos procedimentos necessários para definição dessa porcentagem.

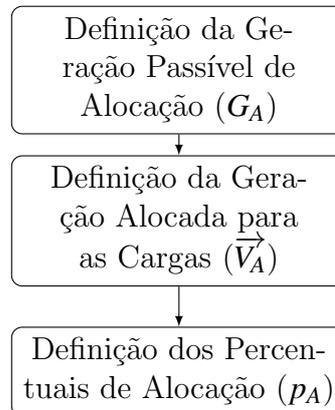


Figura 1 – Fluxograma de AGP, utilizado na definição das porcentagens de alocação para cada unidade de consumo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No primeiro passo, o montante total de Geração Passível de Alocação (G_A), correspondente a n unidades geradoras do agente, pode ser obtido por meio da Equação 1:

$$G_A = \sum_{i=1}^n [[(G_{Fi} + G_{Si} + G_{Ti}) \cdot p_{Ci}] - C_{Vi}], \tag{1}$$

levando em consideração a geração com perdas da usina ou a Garantia Física ajustada ao GSF da usina participante do MRE (G_F), a energia excedente à Garantia Física,

denominada energia secundária (G_S), a geração em teste (G_T), a energia destinada a contratos de venda de energia (C_V) e, por fim, o percentual de participação do agente consumidor naquela usina (p_C).

No segundo passo, a definição do volume a ser alocado para cada carga-k (V_{A_k}) é realizada neste trabalho de maneira que o valor de desconto total recebido, dado pela Equação 2 seja maximizado:

$$D = \sum_{k=1}^m V_{A_k} \cdot e_k, \quad (2)$$

sendo que D é o valor total de desconto das unidades consumidoras do agente (ganho obtido), e_k é o encargo de cada unidade consumidora, resultante da subtração entre a tarifa TUSD/TUST e a tarifa TUSD APE (conforme resolução homologatória vigente da Aneel).

Dessa forma, o problema de otimização pode ser descrito como:

$$\vec{V}_A^* = \underset{\vec{V}_A}{arg \max} \sum_{k=1}^m V_{A_k} \cdot e_k \quad (3)$$

sujeito a:

$$0 \leq V_{A_k} \leq V_{max_k} \in \mathbb{R},$$

$$\sum_{k=1}^m V_{A_k} \leq G_A,$$

$$e_k \in \mathbb{R}.$$

em que \vec{V}_A^* é o vetor com os valores ótimos para alocação em cada unidade consumidora e V_{max_k} é o valor máximo possível de alocação na unidade consumidora k, que corresponde ao valor total de consumo sem perdas da unidade no período. Sendo G_A a Geração Passível de Alocação, deve-se considerar que usinas provenientes de SPE só podem destinar a sua geração (G_A) à carga-k (V_{A_k}) cuja demanda é superior a 3MW.

Essa é uma das principais contribuições do trabalho, já que a alocação é comumente realizada de maneira que a geração passível de alocação é distribuída proporcionalmente ao consumo de cada unidade, sendo um processo não-otimizado.

Por fim, no terceiro passo, o percentual de alocação (p_{A_k}) atribuído a unidade consumidora k, deverá ser declarado pelo agente no sistema específico da CCEE da seguinte maneira:

$$p_{A_k} = \frac{V_{A_k}}{G_A}. \quad (4)$$

3.2 Ferramenta para Alocação de Geração Própria

O desenvolvimento da ferramenta para alocação de geração própria teve as seguintes premissas;

- a ferramenta deve ter portabilidade para trabalhar em diferentes sistemas operacionais, ex.: Linux, Windows;
- a ferramenta deve ser gratuita, seguindo o modelo *GNU General Public License* (LICENSE, 1989);
- a ferramenta deve ser compatível com dados fornecidos em planilhas do Excel³, pelas agências ou mesmo pelos órgãos reguladores;
- a ferramenta deve possuir uma interface simples com o usuário;
- a ferramenta deve possibilitar uma visualização para o agente analisar o valor de desconto obtido pelo uso da ferramenta de otimização em comparação ao desconto obtido pela alocação não otimizada realizada pelo sistema da CCEE.
- um método escolhido de otimização deve ser capaz de encontrar a solução ótima, maximizando os ganhos do agente, dado que o problema de otimização em questão é um problema linear, de variáveis reais.

Baseando-se nessas premissas, escolheu-se desenvolver a ferramenta em linguagem Python 3.6, que é uma linguagem de alto nível desenvolvida de forma comunitária, aberta e gerenciada pela organização sem fins lucrativos Python Software Foundation.

Para resolver o problema de otimização escolheu-se o método determinístico clássico denominado Simplex, cuja abordagem é de fácil aplicação e compatível com o problema de programação linear em questão (GOLDBARG; LUNA, 2005). As premissas do método, que são proporcionalidade, divisibilidade, aditividade e certeza, foram atendidas. Para aplicá-lo, a biblioteca *lp_solve* para Python fornece as funções necessárias.

Com o objetivo de manusear os arquivos do Excel pela ferramenta, utilizou-se a biblioteca *pandas*. Já os cálculos matriciais e visualizações gráficas foram possibilitados, respectivamente, pelas bibliotecas *numpy* e *matplotlib*.

Já a interface da ferramenta foi desenvolvida por meio da biblioteca *tkinter*. Na Figura 2, pode-se ver o menu Arquivo (para a seleção do arquivo de entrada e da pasta

³ Vale ressaltar que o Excel, utilizado muitas vezes com macros, é um software pago de edição de planilhas, considerado o mais usado no mundo para análise de dados.

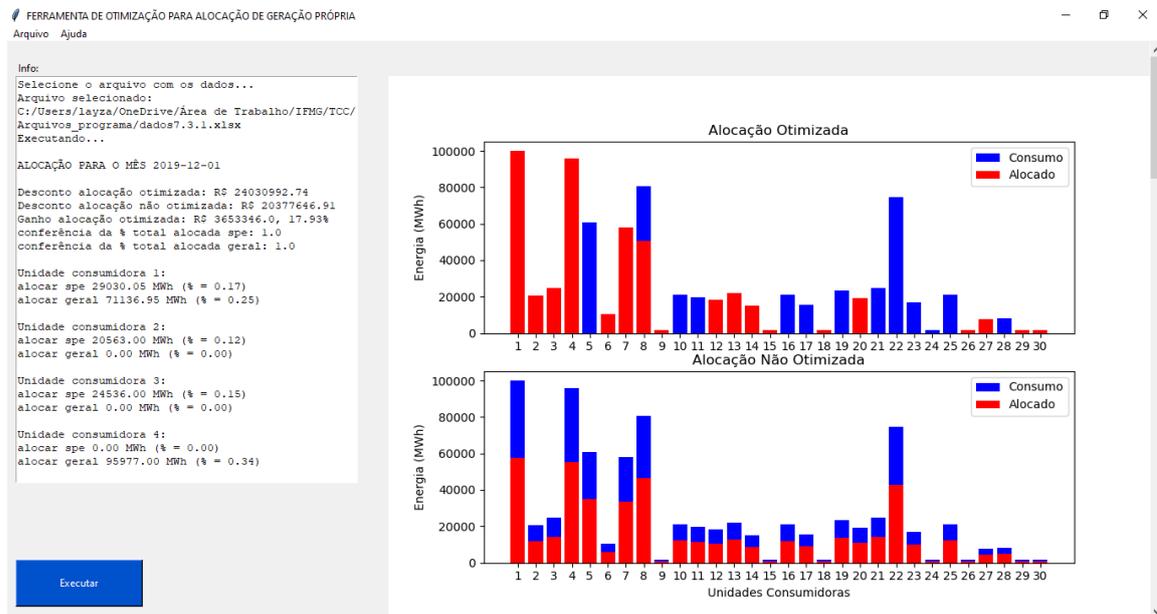


Figura 2 – Interface com o usuário desenvolvida.

Fonte: Elaborado pelos autores.

para salvar os resultados), o botão executar (para iniciar o processo de alocação), o espaço de *log* (destinado à apresentação de informações para o usuário) e, por fim, um espaço para a visualização dos resultados na forma gráfica. Além dessa visualização gráfica, a ferramenta fornece como saída os valores das porcentagens que deverão ser declaradas pelo usuário em sistema específico da CCEE, conforme a Equação 4.

É importante evidenciar que a ferramenta pode ser utilizada para simulações de projeção, considerando um período futuro. Para tal, a entrada de dados pode conter mais de um mês e os resultados serão fornecidos tanto mensalmente quanto de forma consolidada no período avaliado. Essa informação é útil para analistas que realizam, por exemplo, o orçamento anual da empresa e necessitam incluir nos cálculos a projeção de ganho com a alocação de geração própria.

4 ESTUDO DE CASO

Para exemplificar o funcionamento da ferramenta, será realizado um estudo de caso para uma empresa fictícia, cujos dados utilizados baseiam-se em uma organização de grande porte brasileira dos ramos de Siderurgia/Metalurgia/Mineração. Esse perfil de empresa, normalmente, se enquadra nas categorias de autoprodução definidas pela CCEE e possuem um consumo superior à sua autoprodução, podendo obter ganhos no processo de alocação de geração própria.

A empresa em estudo possui trinta unidades consumidoras espalhadas pelo Brasil, sendo que vinte e duas delas estão localizadas nas regiões sudeste e centro-oeste. O consumo médio mensal da empresa totaliza 800.000 MW·h e a geração das dez usinas de sua propriedade somam uma autoprodução mensal aproximada de 450.000 MW·h, sendo que 160.000 MW·h referem-se a empreendimentos sob regime de Sociedade de Propósito Específico (SPE).

A primeira análise foi realizada a partir dos dados individuais de cada unidade consumidora e geradora da empresa para um determinado mês, no caso, dezembro de 2019, como pode ser acessado na planilha disponível no GitLab⁴.

A segunda análise realizada foi uma análise anual de previsão da empresa para o ano de 2020. Para tal, sabendo-se que para o perfil de empresa analisada a variação típica de cada usina é no máximo de 2%, os dados foram gerados variando os valores dentro de uma distribuição proporcional entre os valores máximos definidos, conforme disponível no GitLab⁵.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de alocação de geração própria da empresa em estudo é complexo, já que a empresa possui unidades consumidoras em diferentes pontos de ligação no sistema interligado nacional, havendo cargas submetidas a diferentes valores de encargos. Dessa forma, é comum o processo seguir, como mencionado, a alocação proposta pela CCEE, de maneira proporcional ao consumo de cada unidade, como pode ser visto na Figura 3.

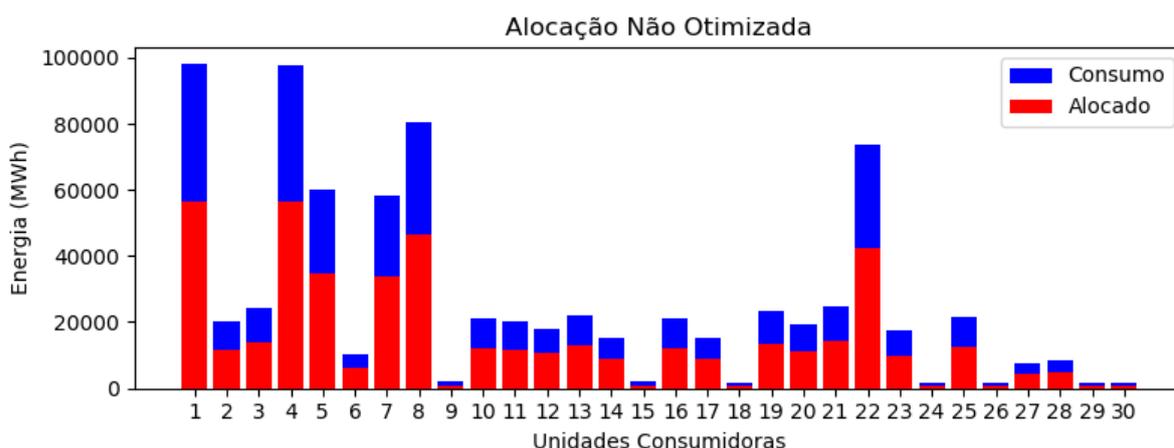


Figura 3 – Alocação da geração própria de dez/19, utilizando a alocação não otimizada.
Fonte: Elaborado pelos autores.

⁴ O link da planilha foi removido para garantir anonimato.

⁵ idem.

A ferramenta desenvolvida neste trabalho possibilita o tratamento dos dados das diferentes usinas e diferentes localidades, gerando uma alocação ótima com base na resolução do problema de otimização (Equação 3) pelo algoritmo Simplex. O resultado dessa alocação para as trinta unidades consumidoras da empresa pode ser visto na Figura 4.

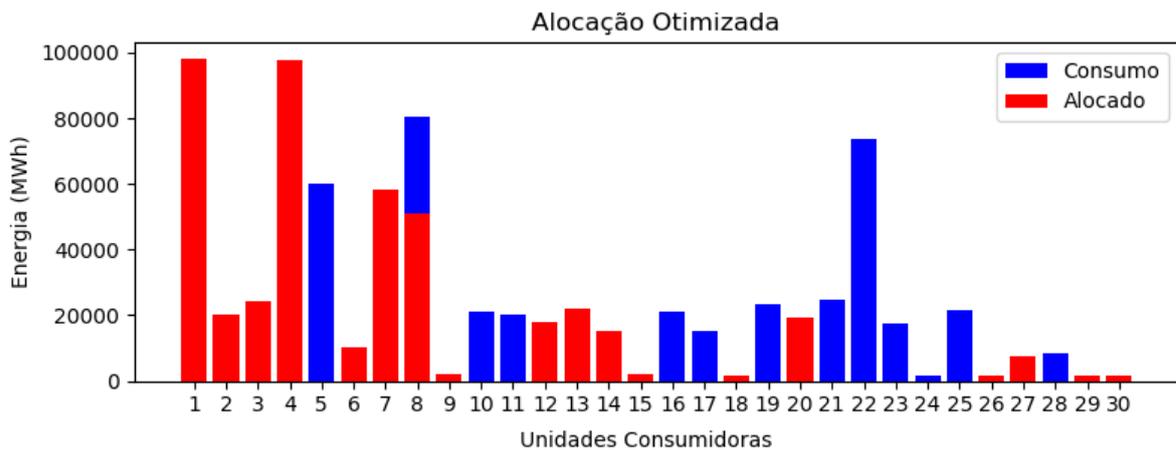


Figura 4 – Alocação da geração própria de dez/19, utilizando a alocação otimizada. Fonte: Elaborado pelos autores.

Como esperado, as unidades consumidoras 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 18, 20, 26, 27, 29 e 30, localizadas nos submercados SE/CO e Sul, foram privilegiadas pelo Algoritmo Simplex, recebendo a máxima alocação possível, pois possuíam maior valor de encargo (e_k). Dessa forma, comparando o resultado otimizado com o não-otimizado, houve um ganho financeiro de R\$3,6 milhões, o que representa um aumento de 17,82% de benefício no mês.

Os resultados da análise anual, baseiam-se nos dados da empresa provisionados para o ano de 2020. Com o intuito de realizar uma análise com confiabilidade estatística, o programa foi executado cem vezes sendo aplicada uma variação de mais ou menos 2% nos dados de entrada a cada iteração. Os resultados são apresentados por meio de um gráfico do tipo diagrama de caixa, que exhibe a localização dos valotes mais prováveis, como pode ser visto na Figura 5. Com a otimização proposta neste trabalho é possível para a empresa um ganho médio mensal de R\$3,6 milhões. Em comparação com o desconto não-otimizado, no período de um ano, o ganho ao utilizar a ferramenta seria de 43,3 milhões de reais.

Claramente, a variação do valor possível de alocação em cada unidade altera o desconto a ser obtido, o pior caso pode-se ver em agosto de 2020. Porém, a diferença com o desconto não-otimizado é ainda muito significativa.

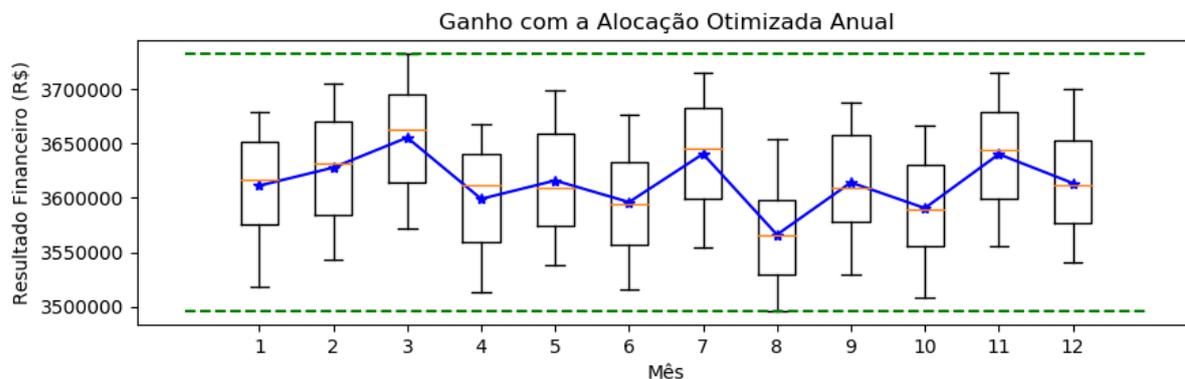


Figura 5 – Ganho financeiro anual (2020) com a alocação de geração própria otimizada.
Fonte: Elaborado pelos autores.

6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou uma ferramenta para simulação e para obtenção de alocação de geração própria, comparando os resultados entre a distribuição otimizada proposta e a distribuição convencional não-otimizada. O estudo de caso apresentado mostrou uma economia financeira em torno de 17% com uso da ferramenta, permitindo que o agente maximize o ganho com o desconto de autoprodução por meio de uma alocação otimizada da sua geração própria.

A partir dos bons resultados alcançados, espera-se que esta ferramenta possa facilitar a rotina mensal, garantindo o melhor o resultado financeiro possível dos agentes, cujas características se enquadram às apresentadas nos estudos. Além disso, espera-se que esse agente possa utilizar a ferramenta para previsões anuais, úteis à realização de projeção orçamentária da empresa.

A ferramenta desenvolvida ainda pode possibilitar a realização de análise de investimento em novos empreendimentos de geração, já que o valor obtido de desconto pela AGP é um dos aspectos financeiros envolvidos na verificação de viabilidade de novas usinas. Para tal, basta que os dados de entrada contemplem as informações do empreendimento em estudo.

Em trabalhos futuros, pretende-se ampliar a aplicação da ferramenta, incluindo novas variáveis, associando por exemplo variáveis relacionadas a decisões comerciais de compra e venda de energia, afim de possibilitar a maximização do resultado do agente.

REFERÊNCIAS

AMARANTE, A. D. et al. Um comparativo entre o modelo autorregressivo vetorial e o modelo computacional newave-decomp na gestão da previsão do preço spot de energia elétrica no Brasil. **Encontro de Gestão e Negócios (EGEN)**, 2018.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. 2019. <<https://www.aneel.gov.br/>>. Online; acessado em Dezembro de 2019.

BOURGES, F. et al. Alocação de perdas via cálculo de curto-circuito trifásico. **IV Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE)**, 2012.

CCEE. **Câmara de Comercialização de Energia Elétrica**. 2019. <<https://www.ccee.org.br/>>.

FONSECA, R. F. d. **Estudo da viabilidade financeira de migração de consumidores cativos para o mercado livre incentivado**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Elétrica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais), Minas Gerais, Brasil.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos**. [S.l.]: Elsevier, 2005.

LICENSE, G. G. P. Gnu general public license. **Retrieved December**, v. 25, p. 2014, 1989.

LOPES, P. B.; MARTINEZ, L.; ARAÚJO, H. X. Estratégia robusta de contratação de energia elétrica para distribuidoras. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Automática**, 2014.

PEREIRA, R. et al. Agregação de métricas de risco com o operador OWA aplicada a comercialização de energia. **XXII Congresso Brasileiro de Automática**, 2018.

RAMOS, D.; SUSTERAS, G. Utilização de algoritmos genéticos para previsão da contratação de energia pelas distribuidoras. **Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)**, 2006.

SILVA, A. S. D.; TAKIGAWA, F. Y. K.; LIMA, M. S. M. d. Proposta de desenvolvimento de uma ferramenta on-line para o gerenciamento de contratos de compra de energia elétrica. **IX Computer on the Beach**, 2018.

TAKIGAWA, F. Y. K.; MANTELLI, F. M.; MURARO, T. C. Uma ferramenta computacional para comercialização de energia do agente auto produtor. **Seminário de Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC (SEPEI)**, 2014.

VASCONCELLOS, A. B. d. et al. Análise da migração de uma consumidora para o mercado livre de energia. **IV Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE)**, 2012.

DADOS DOS AUTORES

Layza Maria Vimieiro Marques de Lima

E-mail: layzavimieiro@hotmail.com

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0862932207684245>

Graduada em Engenharia Elétrica pelo IFMG (2020) e em Engenharia de Produção pelo Pitágoras (2011). Tem experiência na área de gestão de projetos e, atualmente, tem se dedicado à gestão no mercado livre de energia.

Cleide Maria Vimieiro Marques

E-mail: cleide.vimieiro@gmail.com

Pós-Graduação (Lato Sensu) em Gestão de Negócios com ênfase em Recursos Humanos, Finanças e Marketing e graduada em Administração de Empresas. Possui vasta experiência no gerenciamento de atividades envolvidas com o mercado livre de energia, na área de Comercialização de Energia.

Elias José de Rezende Freitas

E-mail: elias.freitas@ifmg.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4716860363006932>

Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com ênfase em Robótica. Concluiu a graduação em Engenharia Elétrica também pela UFMG (2011). Coordenador da Equipe de Pesquisa do IFMG-Itabirito em Robótica (EPIIBOTS) no desenvolvimento de robôs móveis. Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) - Campus Ibitaré.