2025

Projeto

ESTUDOS E PESQUISAS APLICADAS DE AUTOSSUFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SERPRO

Produto 2

Anexo 4 – *Regional Porto Alegre (PAE)*

Brasília, Outubro de 2025

ambiental
PESQUISAS E PROJETOS

PROJETO - ESTUDOS E PESQUISAS APLICADAS DE AUTOSSUFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SERPRO

Contrato: CONTRATO ORIGINAL - nº SERPRO-PPT-2025/00010

Anexo 4 – Regional Porto Alegre (PAE)



Brasília/DF
2025

Sumário

1. Descrição da Unidade 1
2. Soluções Analisadas 3
3. Dimensionamentos 6
   3.1. Sistemas Fotovoltaicos e de Armazenamento de Energia 6
   3.2. Parâmetros urbanísticos e adequações de infraestrutura civil (extra) 9
4. Análises Econômico-Energéticas 13
   4.1. Premissas 13
   4.2. Resultados 14
5. Análises Econômico-Financeiras Institucionais 17
   5.1. Premissas 17
   5.2. Resultados 19
6. Considerações Finais e Recomendações 23

1. Descrição da Unidade

A unidade regional do SERPRO em Porto Alegre está localizada na Av. Augusto de Carvalho, 1133 – Bairro Praia de Belas, Porto Alegre/RS, CEP 90010-390, nas coordenadas -30.0378, -51.2333. O edifício em alvenaria e concreto armado possui área construída de 3.110,01 m² (28,9%) em um lote de 10.754 m². O telhado da unidade atualmente é composto por telhas metálicas em alguns pontos e de fibrocimento em outros.

A subestação é composta por dois transformadores a óleo, de 500 kVA cada. Na enchente de 2024, o conjunto permaneceu submerso por mais de um metro. Ainda assim, à inspeção visual, os equipamentos apresentam bom estado aparente, e o ambiente dispõe de sistemas de climatização e exaustão. Atualmente, a unidade opera com gerador locado, contratado após a avaria do equipamento anterior durante a inundação. O gerador supre parcialmente a carga, sem redundância, atendendo apenas às cargas críticas alimentadas por nobreak. A Figura 1 apresenta a vista aérea da unidade do Serpro em Porto Alegre.

Figura 1: Vista Aérea da Unidade Serpro Porto Alegre.



Em termos de geração de energia, ressalta-se que a unidade não dispõe, na data de elaboração deste relatório, de sistema fotovoltaico. Ao longo deste documento, apresentam-se diferentes soluções para reduzir os gastos com energia e elevar a autossuficiência.

Na sequência, apresentam-se os resultados das simulações, cálculos e modelagens técnico-financeiras conduzidas pela equipe, com o objetivo de fornecer informações consistentes e suficientes para subsidiar a tomada de decisão quanto ao cenário mais economicamente viável e ambientalmente sustentável para a Regional Porto Alegre.

2. Soluções Analisadas

Nesta seção, são apresentadas as soluções consideradas para a autossuficiência energética e eficiência econômica da Regional Belo Horizonte do Serpro. Cada uma delas contempla combinações do ACR ou do ACL com ajustes contratuais, autoprodução de energia e sistemas de armazenamento, permitindo a comparação de seus impactos técnico-econômicos, regulatórios e institucionais ao longo do horizonte de análise de 20 anos.

- **ACR Atual**

Este cenário representa a manutenção da situação vigente, com suprimento de energia no ambiente de contratação regulada (ACR), ou seja, exclusivamente por meio do contrato atual estabelecido com a distribuidora local. Trata-se do ponto de partida para a comparação das demais alternativas, servindo como referência para mensuração dos ganhos proporcionados por eventuais ajustes contratuais ou investimentos em geração própria.

- **ACR com Ajustes Contratuais**

Neste cenário, mantém-se a operação no ACR, porém com a adoção de ajustes referentes à demanda contratada ou à modalidade tarifária que foram sugeridos no produto da Etapa 1 do presente estudo. O objetivo consiste em otimizar o perfil de contratação, reduzindo custos sem alteração estrutural da forma de suprimento de energia elétrica.

- **ACR com Ajustes Contratuais + GD**

Este cenário considera a permanência no ACR, já com os ajustes contratuais implementados, acrescida de uma geração distribuída na forma de uma usina solar fotovoltaica. A usina deve ser no modelo *grid-zero* e visa atender parte relevante do consumo da unidade, proporcionando ganhos adicionais em termos de redução da fatura de energia elétrica.

- **ACR com Ajustes Contratuais + GD + Baterias**

Esta alternativa amplia a capacidade instalada da geração fotovoltaica da estratégia anterior, mas agora associada a um sistema de armazenamento de energia elétrica em baterias. Dessa forma, o arranjo permite não apenas a geração local, mas também o aproveitamento de

excedentes de geração de energia em horários de maior valor tarifário, buscando otimizar a economia obtida frente ao cenário de referência.

- **ACL**

Neste cenário, considera-se a migração para o ambiente de contratação livre (ACL), após a implementação dos ajustes relativos ao perfil contratual e às demandas, sugeridas no produto da Etapa 1 do presente projeto. A estratégia visa capturar os benefícios da maior flexibilidade do mercado livre de energia, tanto em termos de preços como de adequação às necessidades da unidade consumidora, assim como a possibilidade de aquisição de energia proveniente exclusivamente de fontes renováveis.

- **ACL + Autoprodução Local**

Além da migração para o ACL e dos ajustes contratuais sugeridos no produto da Etapa 1 do presente estudo, este cenário prevê a instalação de usina fotovoltaica considerando o modelo de autoprodução local. A medida fortalece a independência energética da unidade e potencializa a economia frente ao custo de referência.

- **ACL + Autoprodução Local + Baterias**

Este cenário constitui a alternativa mais robusta, combinando a operação no ACL ajustado com a instalação de uma usina fotovoltaica com capacidade instalada maior que a da solução anterior, além de um sistema de baterias. Tal configuração amplia os benefícios da autoprodução local, ao possibilitar a gestão do excedente de geração, elevando a segurança e a previsibilidade dos ganhos econômicos no longo prazo.

Até a finalização da etapa 1 deste projeto, as soluções analisadas priorizaram o equilíbrio entre viabilidade econômica e ganhos de autossuficiência, englobando tanto o cenário ótimo econômico quanto o ótimo econômico com baterias. No entanto, ainda não havia sido considerada uma alternativa cujo foco principal fosse a maximização da autossuficiência energética, independentemente de restrições econômicas, ambientais ou do tempo de retorno do investimento. Essa abordagem foi demandada pela equipe do Serpro, após a finalização da etapa 1, para se avaliar o potencial técnico máximo de geração local de energia das unidades, bem como para quantificar o grau de independência possível frente ao suprimento externo.

• ACL + Autoprodução Local + Baterias – Cenário Máxima Autossuficiência

Neste cenário, propõe-se o aproveitamento integral das áreas disponíveis para instalação de sistemas de geração fotovoltaica, incluindo telhados, estacionamentos e demais superfícies aptas à implantação de painéis solares. As áreas empregadas neste cenário foram indicadas pela equipe do Serpro. A configuração mantém a operação no ambiente de contratação livre (ACL) e adota o modelo de autoprodução local, associado a um sistema de armazenamento de energia de maior capacidade.

O objetivo consiste em maximizar a autossuficiência energética da unidade, buscando reduzir ao mínimo possível a dependência da rede pública de distribuição. Essa estratégia, embora demande um investimento significativamente mais elevado e apresente maior prazo de retorno, permite avaliar o limite técnico de independência energética que a unidade pode alcançar. Entretanto, a adoção dessa configuração pode implicar desafios adicionais, como a necessidade de supressão de vegetação arbórea, eventuais intervenções em áreas verdes e o risco de ultrapassar índices de permeabilidade exigidos pela legislação urbanística vigente. Ainda assim, a solução reforça a resiliência operacional, assegura maior estabilidade no suprimento elétrico e contribui para a sustentabilidade ambiental, por meio do uso intensivo de energia proveniente de fonte renovável.

Em síntese, as soluções avaliadas permitem contrastar estratégias que vão desde a manutenção do modelo contratual atual até a adoção de alternativas avançadas de autoprodução local associadas a sistemas de armazenamento de energia. Essa abordagem comparativa oferece suporte técnico e econômico para a escolha da configuração mais compatível com os objetivos institucionais de eficiência, sustentabilidade e segurança energética da Regional Porto Alegre.

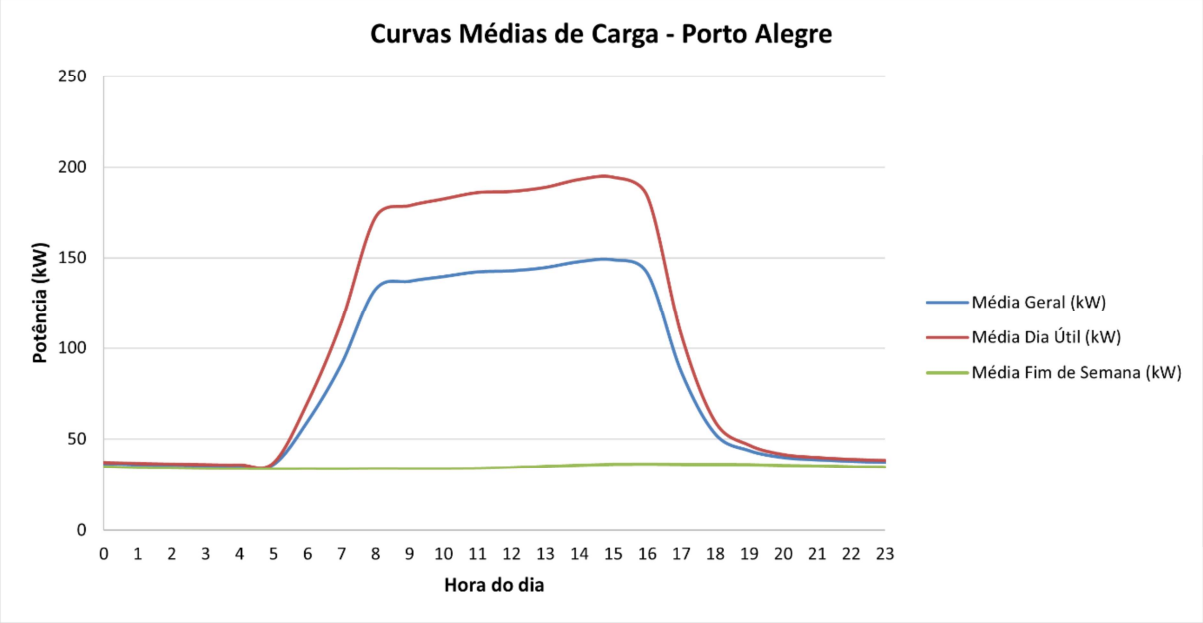
Tal relatório contempla de forma sistemática os aspectos técnicos, financeiros, regulatórios, jurídicos e ambientais de cada arranjo, oferecendo a fundamentação necessária para a comparação entre cenários. Em outras palavras, a seleção das soluções aqui apresentadas encontra respaldo direto nas análises exibidas no Relatório da Etapa 2, o que justifica a priorização das alternativas acima mencionadas para a Regional Porto Alegre.

3. Dimensionamentos

3.1. Sistemas Fotovoltaicos e de Armazenamento de Energia[1]

Atualmente, a Regional Porto Alegre do SERPRO não possui sistema fotovoltaico em operação. O consumo médio de energia elétrica da unidade é de 65,80 MWh/mês. Esse valor foi adotado como referência para o dimensionamento do sistema fotovoltaico. Para a análise, foram utilizados os dados de memória de massa referentes ao período de janeiro a junho de 2025, representados na Figura 2, que ilustra as curvas médias de carga diária (dias úteis, fim de semana e geral) desta unidade

Figura 2: Curvas de Demanda e de Geração de Energia Elétrica por meio da Usina da Regional de Porto Alegre.



Com base nas informações exibidas na Figura 2, bem como nas visitas técnicas realizadas e nas reuniões com a equipe do Serpro, definiu-se o layout apresentado na Figura 3. O projeto contempla a instalação de módulos fotovoltaicos sobre a cobertura do edifício e no

[1] Especificações técnicas dos equipamentos utilizados como base de cálculos energéticos e orçamentários são apresentados no Apêndice 1.

estacionamento, na forma de *carports*.

Figura 3: Vista aérea das instalações da Regional Porto Alegre do Serpro, considerando a instalação de placas fotovoltaicas utilizando-se o máximo do telhado e do estacionamento



A área disponível na unidade não é suficiente para alcançar um elevado percentual de autossuficiência. Conforme a Figura 2, em dias úteis, não há perdas por corte de geração na estratégia grid zero. Aos fins de semana, entretanto, essas perdas se fazem presentes devido à menor demanda. Diante desse comportamento, não se justifica o dimensionamento do sistema de armazenamento de energia (BESS). O arranjo proposto totaliza 259,56 kWp de potência instalada, com geração média estimada de 22,06 MWh/mês, equivalente a 36,93% do consumo médio da unidade.

Conforme mencionado, por solicitação da equipe do Serpro, foi ainda considerado neste estudo o cenário de máxima autossuficiência (Figura 4).

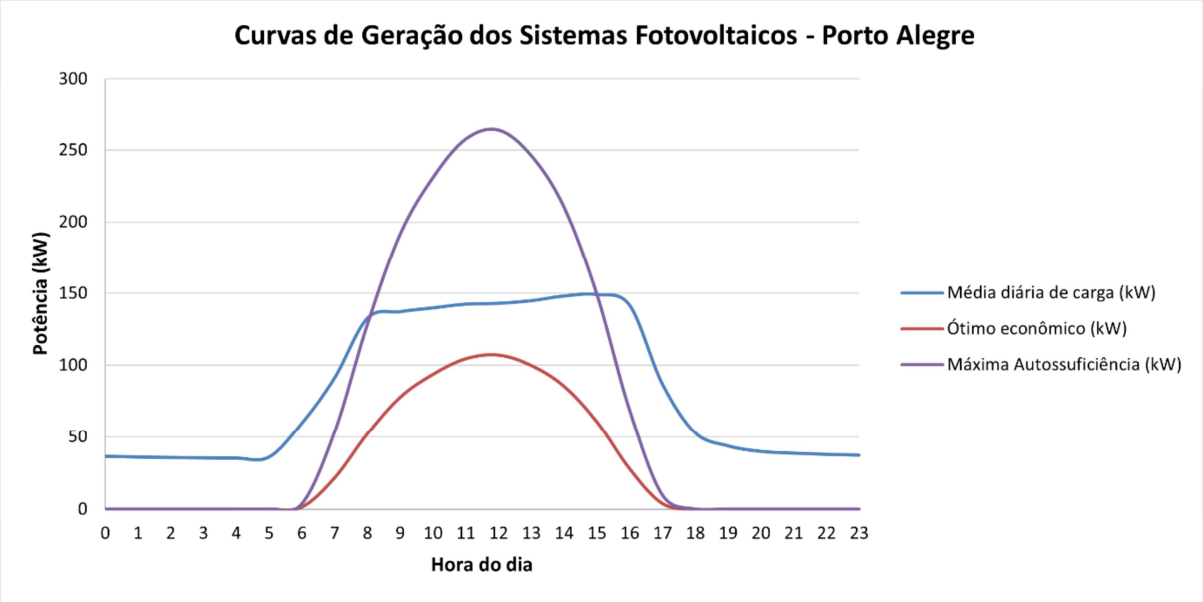
Figura 4: Vista aérea das instalações da Regional Porto Alegre, considerando a instalação de placas fotovoltaicas com foco na máxima autossuficiência



Empregando-se as áreas exibidas na figura 4 é possível obter um sistema fotovoltaico com potência igual a 503,37 kWp, equivalente a 90,37% de autossuficiência.

A figura 5 apresenta as curvas de geração dos sistemas fotovoltaicos de 259,56 e 503,37 kWp, que equivalem, respectivamente, a 36,93% e 90,37% de autossuficiência e, ainda, a curva média diária de carga da unidade de Porto Alegre.

Figura 5: Curvas de geração dos sistemas fotovoltaicos de 259,56 e 503,37 kWp e a curva média diária de carga da unidade de Porto Alegre



3.2. Parâmetros urbanísticos e adequações de infraestrutura civil (extra)

Constata-se, por meio de análise urbanística preliminar, que a área do SERPRO em Porto Alegre está situada na Macrozona 1, Unidade de Estruturação Urbana – UEU 46, Subunidade 3, conforme definido no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental do município. De acordo com a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS), prevê-se uma taxa de permeabilidade mínima de 10% para os lotes da UEU 46. Na configuração atual de ocupação, aproximadamente 91% da área encontra-se impermeabilizada por edificações e estacionamentos. Contudo, como os módulos fotovoltaicos serão instalados sobre a cobertura da edificação principal e do estacionamento, sem impermeabilização adicional do solo, a taxa de permeabilidade permanecerá inalterada (Figura 6).

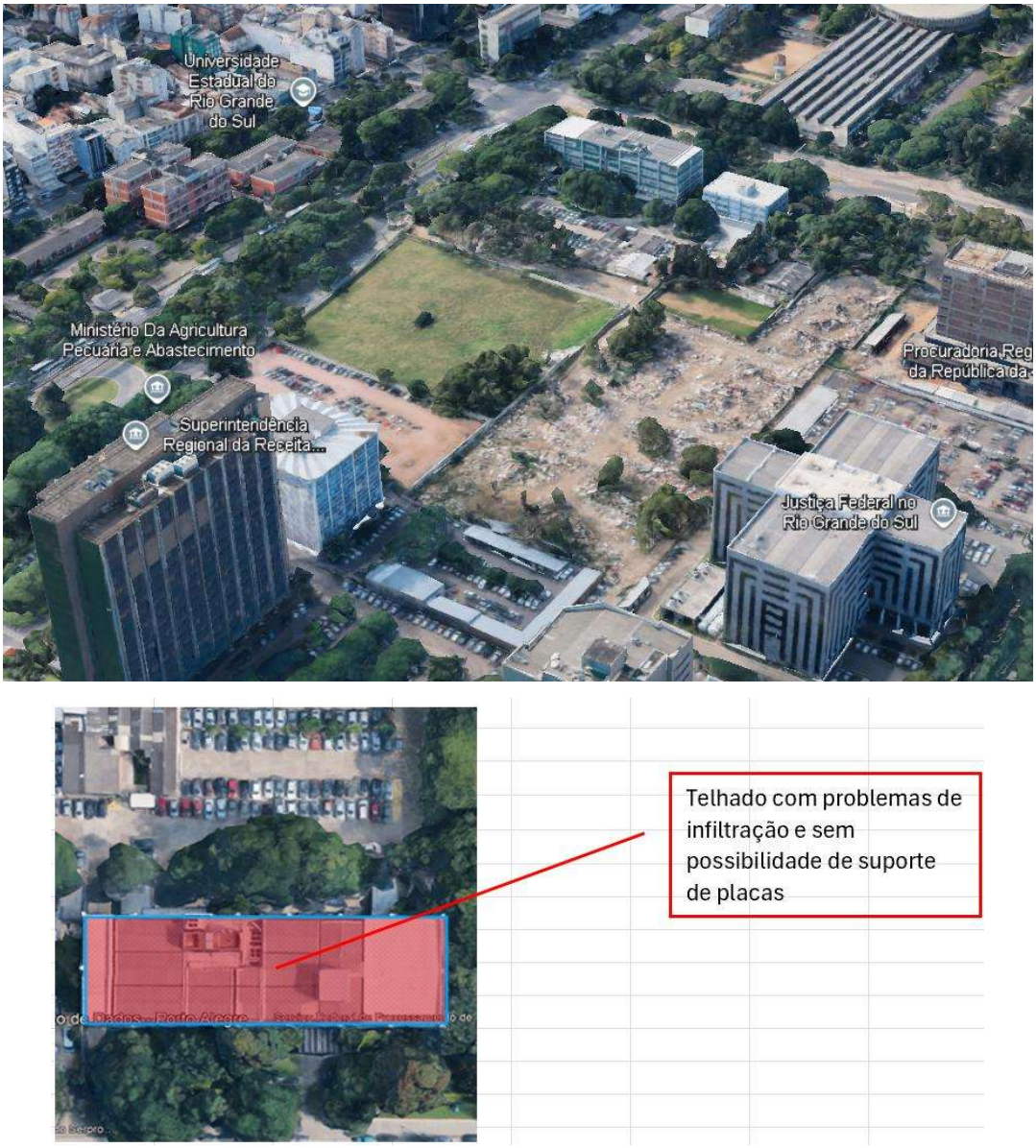
No que tange ao sombreamento por construções no entorno, avalia-se que há médio risco de impacto para o sistema fotovoltaico projetado, no médio ou longo prazo, especialmente para as projeções de estacionamento. Isso se deve ao fato de a UEU 46 prever áreas para prédios

públicos que podem ser altos, sendo que o terreno adjacente ao SERPRO encontra-se atualmente vazio. A projeção de sombras se dá exatamente neste sentido leste-oeste, ou seja, um prédio maior ali posicionado pode trazer prejuízos para as placas ali projetadas (Figura 7). Por outro lado, em diálogo com técnicos do SERPRO local, a expectativa de uma nova construção ali no curto prazo é pouco provável, especialmente considerando a ocorrência recente de drástica inundação de todo o setor em 2023.

Figura 6: Vista áerea da área impermeabilizada por edificações e estacionamentos.



Figura 7: A. Panorama 3D da área do SERPRO considerando a área de entorno imediato; B. Projeções de áreas com painéis X remanescentes permeáveis



Para a instalação dos painéis solares previstos para a Regional Porto Alegre, identificou-se a necessidade de desenvolver projeções complementares de infraestrutura civil, denominadas “estruturas de suporte extras”, visando assegurar suporte físico adequado e seguro para a fixação dos painéis fotovoltaicos. A elaboração dessas projeções mostrou-se necessária para coberturas existentes previamente avaliadas como estruturalmente insuficientes ou comprometidas.

Com base na análise in loco e nos estudos dos projetos existentes (plantas e memoriais descritivos), foram elaboradas e dimensionadas as estruturas de suporte extras, com a consolidação de orçamento contendo lista de materiais, mão de obra e BDI. Esse detalhamento é fundamental para os cálculos e indicadores financeiros dos cenários em análise, que consideram autoprodução de energia local (Figura 8).

Figura 8: Localização e exemplo de estrutura de suporte extra projetada para a Regional de Porto Alegre.

