

Capítulo 4

Análise de Resultados

4.1 Rede Elétrica

A necessidade de garantir a continuidade de fornecimento de energia elétrica ao mercado exige o funcionamento interligado dos sistemas elétricos de potência, os quais formam redes complexas, definidas pela conexão de elementos ativos e passivos capazes de gerar e transportar energia elétrica, como geradores de energia, transformadores de tensão e linhas de transmissão.

A rede elétrica avaliada neste trabalho refere-se à região metropolitana de Manaus, acrescida dos municípios de Presidente Figueiredo, Iranduba e Manacapuru. Os níveis de tensão de contemplados são de 500kV, 230kV, 138kV e 69kV. A Figura 4.1 mostra a barra forte do sistema, definida como ~~exatamente~~ anterior à subestação Lexuga, ponto de conexão de Manaus e vizinhança ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Nessa mesma subestação a tensão é diminuída e entregue em 230kV.

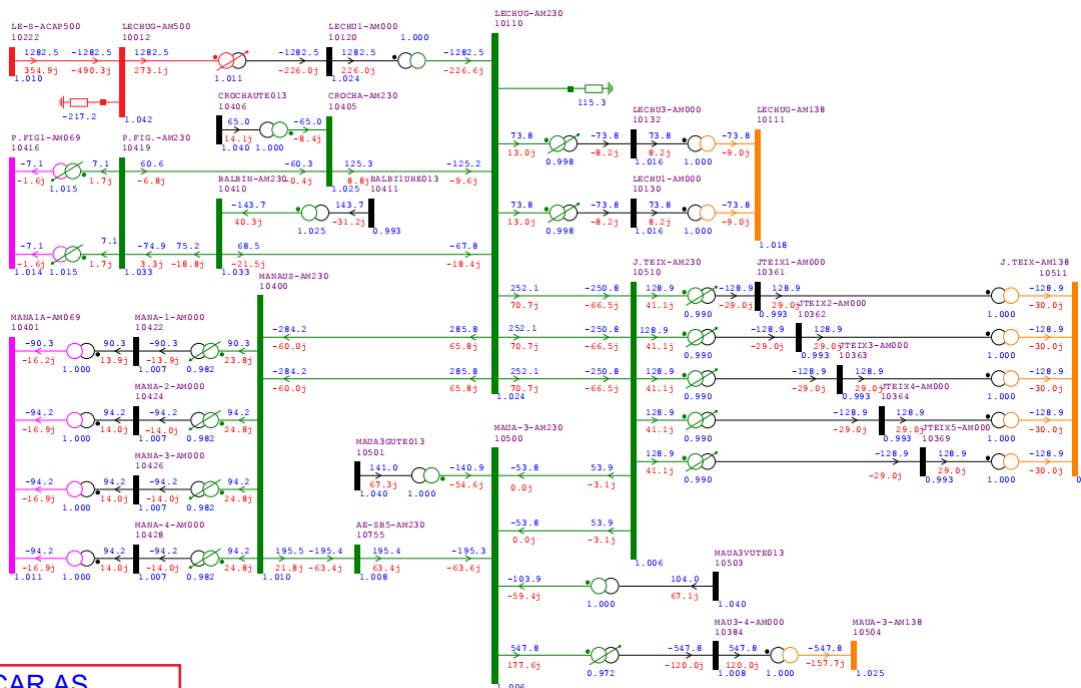


Figura 4.1: Subsistemas de 500kV e 230kV.

Fonte: Do autor.

FALTA EXPLICAR AS REDES ELÉTRICAS, AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS e ELÉTRICAS

(terceira vez que falo sobre isso)

o subsistema de 138kV está identificado, o qual estabelece conexões com 69kV e 230kV.

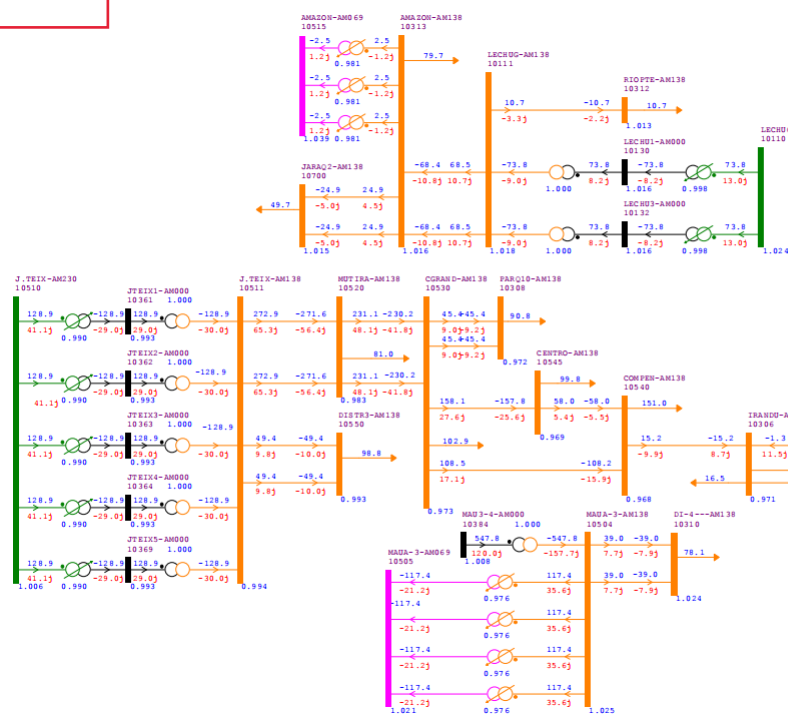


Figura 4.2: Subsistema 138kV

Fonte: Do autor.

As Figuras 4.3 e 4.4 ilustram o subsistema de 69kV. A primeira figura apresenta a parte

do subsistema cujas barras estão nas regiões oeste e sul da cidade, além dos municípios de Iranduba e Manacapuru. A segunda figura identifica a parte do subsistema cujas barras estão nas zonas central, norte e leste.

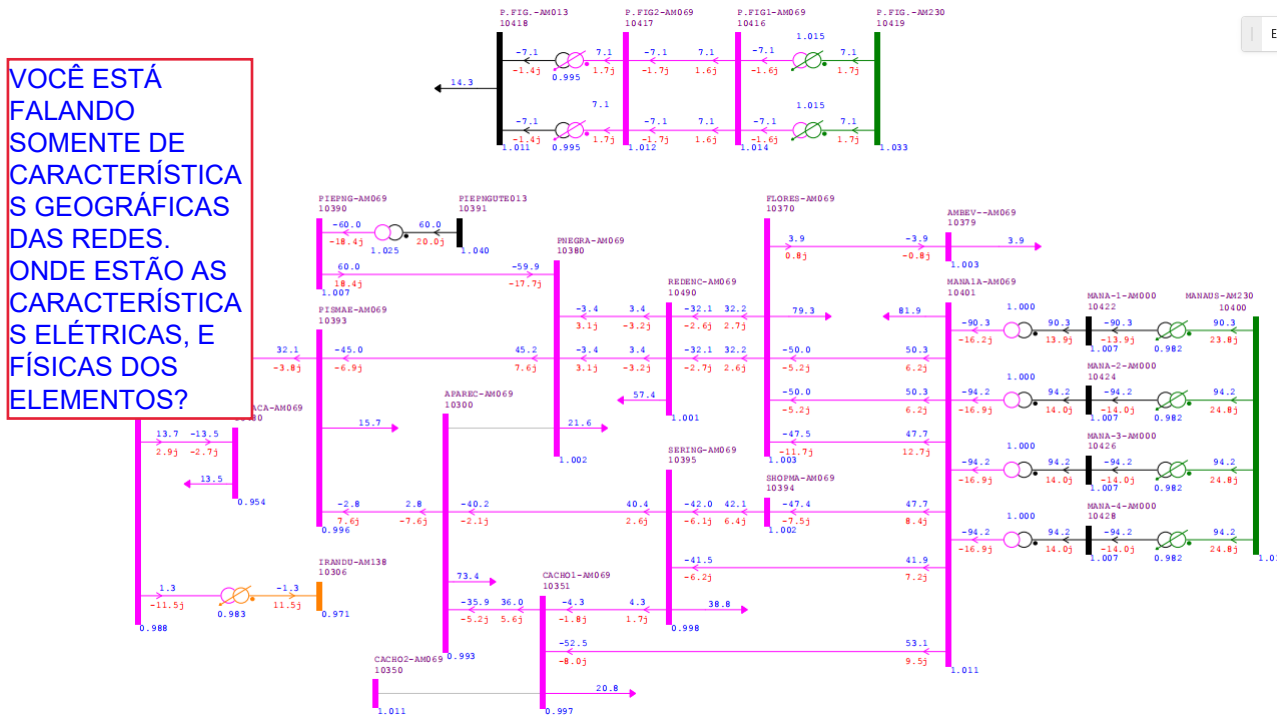


Figura 4.3: Subsistema 69kV - Zonas oeste e sul, Presidente Figueiredo, Iranduba e Manacapuru.

Fonte: Do autor.

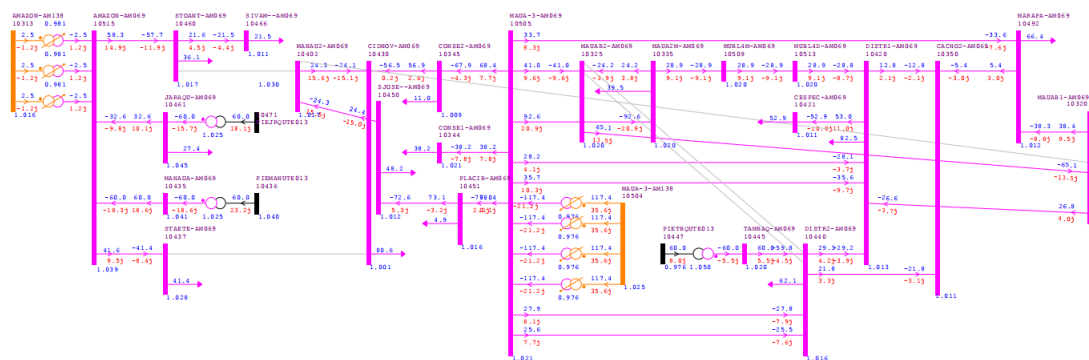


Figura 4.4: Subsistema 69kV - Zonas norte, central e leste.

Fonte: Do autor.

Com a rede devidamente apresentada, o trabalho propõe-se a avaliar a resposta das 49 barras de carga pertencentes aos níveis de tensão de 138kV e 69kV à inclusão de eletropostos, por isso, é pertinente discriminá-las acompanhadas de informações essenciais. A Tabela 4.1 apresenta tais barras.

Tabela 4.1: Dados das barras analisadas.

Código	Nome	Nível de Tensão (kV)	Potência Limite (MW)
10111	LECHUG-AM138	138	4.362,47
10300	APAREC-AM069	69	4.093,52
10306	IRANDU-AM138	138	2.562,39
10308	PARQ10-AM138	138	2.709,09
10310	DI-4—AM138	138	4.239,90
10312	RIOPTE-AM138	138	4.362,47
10313	AMAZON-AM138	138	4.362,47
10320	MAUAB1-AM069	69	3.491,50
10325	MAUAB2-AM069	69	3.491,50
10335	MAUA2M-AM069	69	3.501,28
10344	CONSE1-AM069	69	3.520,84
10345	CONSE2-AM069	69	3.061,17
10350	CACHO2-AM069	69	3.295,89
10351	CACHO1-AM069	69	4.239,90
10370	FLORES-AM069	69	4.362,47
10379	AMBEV—AM069	69	4.362,47
10380	PNEGRA-AM069	69	4.239,90
10390	PIEPNG-AM069	69	4.362,47
10393	PISMAE-AM069	69	4.108,04
10394	SHOPMA-AM069	69	4.362,47
10395	SERING-AM069	69	4.239,90
10401	MANA1A-AM069	69	4.362,47
10402	MANAU2-AM069	69	3.061,17
10416	P.FIG1-AM069	69	436247
10417	P.FIG2-AM069	69	4.362,47
10420	DISTR1-AM069	69	3.335,01
10421	CESPEC-AM069	69	3.286,11
10430	CIDNOV-AM069	69	2.777,54
10440	DISTR2-AM069	69	3.423,03
10445	TAMBAQ-AM069	69	3.618,64

10450	SJOSE-AM069	69	3.080,73
10451	PLACIB-AM069	69	3.276,33
10460	STOANT-AM069	69	4.362,47
10466	SIVAM-AM069	69	4.362,47
10480	MANACA-AM069	69	2.024,48
10485	IRANDU-AM069	69	2.982,93
10490	REDENC-AM069	69	4.362,47
10492	MARAPA-AM069	69	3.315,45
10504	MAUA-3-AM138	138	4.239,90
10505	MAUA-3-AM069	69	3.520,84
10509	MUBL4M-AM069	69	3.491,49
10511	J.TEIX-AM138	138	4.154,73
10513	MUBL4D-AM069	69	3.481,71
10520	MUTIRA-AM138	138	3.344,79
10530	CGRAND-AM138	138	2.757,99
10540	COMPEN-AM138	138	2.513,48
10545	CENTRO-AM138	138	2.552,61
10550	DISTR3-AM138	138	4.108,04
10700	JARAQ2-AM138	138	4.362,47

4.2 Cenários de Estudo

O alicerce do estudo está fluxo de carga contínuo executado no *software* ANAREDE. O conjunto de curvas que relacionam a potência ativa, em MW, com a tensão elétrica em pu é fundamental para enxergar o comportamento do sistema com o aumento de carga. Essas curvas estão disponíveis na Figura 4.5.

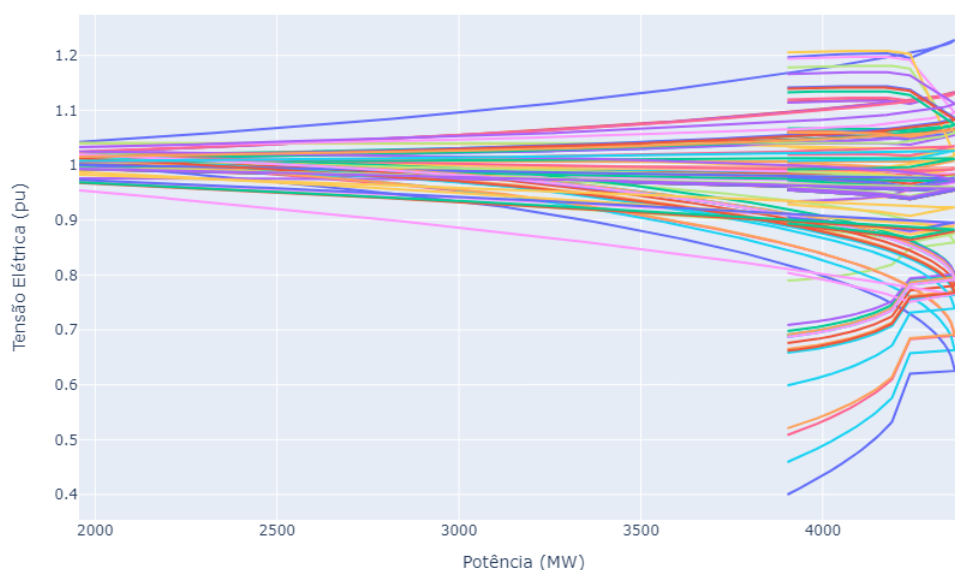


Figura 4.5: Curvas PxV das barras da rede.

A carga cresce a uma taxa média anual de 3,4%, inferior de 2,8% e superior de 4,1%, de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia, estudo produzido pelo ONS. A fim de avaliar o cenário de estresse intenso ao sistema elétrico, considera-se que a carga do sistema cresça de acordo com taxa superior. A análise propõe-se a ser bianual, o que implica em um aumento de 8,2% de carga entre os anos dispostos na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Cargas bianuais.

Ano	Potência (MW)
2026	1.642,69
2028	1.777,39
2030	1.923,14
2032	2.080,83
2034	2.251,46
2036	2.436,08



A justificativa do estudo baseia-se em avaliar o comportamento da rede quando nesta são conectados postos de carregamento de veículos elétricos. Para tal, os postos incluídos na rede são produzidos pela WEG, empresa nacional, disponíveis em quatro modelos diferentes. A diferença dos modelos está nas potência máxima consumida da rede e na potência entregue ao usuário, a Tabela 4.3 demonstra modelos e suas respectivas

potências elétricas.

Tabela 4.3: Modelos da estação de carregamento WEG WEMOB.

Modelo	Potência Consumida (kW)	Potência Entregue (kW)	
		CC	CA
WEMOB-S-060	114	60	43
WEMOB-S-090	147	90	43
WEMOB-S-120	180	120	43
WEMOB-S-150	213	150	43

A fim de extrair um comportamento "aleatório" e viabilizar uma análise probabilística do efeito dos postos na margem de estabilidade e na capacidade de hospedagem, considera-se que os postos conectados terão três estações operando simultaneamente quando conectados à rede. As possíveis potências assumidas pelos postos são determinadas pela combinação completa das potências consumidas por essas estações, conforme descrito na Equação 4.1

$$C(n + k - 1, k) = \frac{(n + k - 1)!}{k! \cdot (n - 1)!} \quad (4.1)$$

Na qual n representa o número de opções disponíveis para a seleção e k representa o número de elementos a serem escolhidos em cada combinação. Como existem quatro modelos distintos de estações, o valor de n é igual a quatro e considerando o funcionamento simultâneo de três desses modelos, k é igual a três. Portanto:

$$C(6, 3) = \frac{6!}{3! \cdot 3!} = 20 \quad (4.2)$$

Com base na Equação 4.2, há um total de 20 configurações únicas que as estações em funcionamento podem adotar. Observou-se empiricamente que, somando os valores de potência consumida em cada uma dessas configurações possíveis, obtém-se um conjunto de dez valores distintos de potência que um posto pode consumir.

4.3 Avaliação da Margem de Estabilidade de Tensão

O cálculo da margem de estabilidade é mostrado na Equação 4.3.

$$MET = \frac{P_{\text{máx}} - P_0}{P_{\text{máx}}} \quad (4.3)$$

O parâmetro $P_{\text{máx}}$ é a potência do ponto de máximo carregamento considerado no caso de estudo, enquanto P_0 é valor de potência localizado no tempo que representa a carga que o sistema atende em determinado período.

O processo de determinação da margem de estabilidade obedece os passos definidos no fluxograma da Figura 4.6:

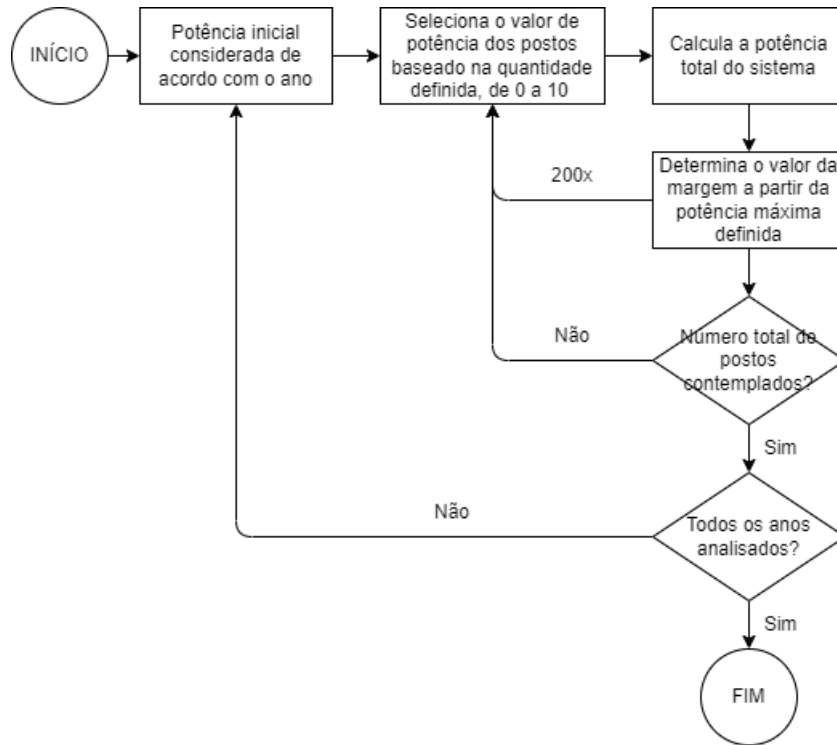


Figura 4.6: Fluxograma de análise de margem de estabilidade.

Os resultados estão dispostos em um mapa de calor cujas cores estão graduadas a partir dos valores médios de margem. Cada célula apresenta os valores mínimo e máximo atingidos para o ano.

4.3.1 Margem de Estabilidade Convencional

A margem convencional é calculada considerando o ponto de máximo carregamento do sistema, $P_{\text{PMC}} = 4362.47$ MW.

Essa análise, ao não considerar as condições de operação segura em relação à tensão elétrica, ainda oferece utilidade na avaliação do estresse ao qual a rede pode ser submetida antes de um colapso. A falta de garantia de uma operação segura decorre do aumento da

potência inicial do sistema a cada analisado. Isso ocorre porque, em algumas das barras que compõem a rede, a potência inicial excede o valor máximo que a barra pode receber e ainda entregar 0.95pu de tensão elétrica para as cargas conectadas.

A Figura 4.7 apresenta o comportamento da rede com o passar dos anos.

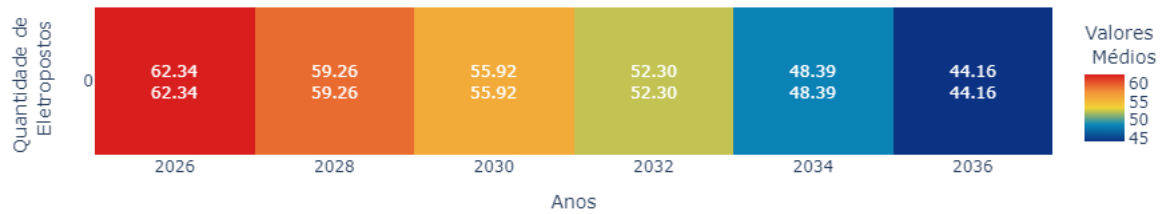


Figura 4.7: Evolução da margem de estabilidade de tensão convencional através dos anos.

Fonte: Do autor.

É possível enxergar que a margem cai de 62,34%, em 2026, a 44,16%, em 2036. Este caso de análise apresenta valores de margem de estabilidade robustos e longe da margem de segurança mínima, que é de 4% a 7%.

4.3.1.1 Margem de Estabilidade Convencional para 138kV

Dessa vez sistema é inteiro submetido ao ponto de máximo carregamento da barra mais fraca pertencente ao nível de tensão de 138kV. A referência de potência é retirada da barra número 10540, $P_{PMC_{138}} = 2.513,49$ MW.

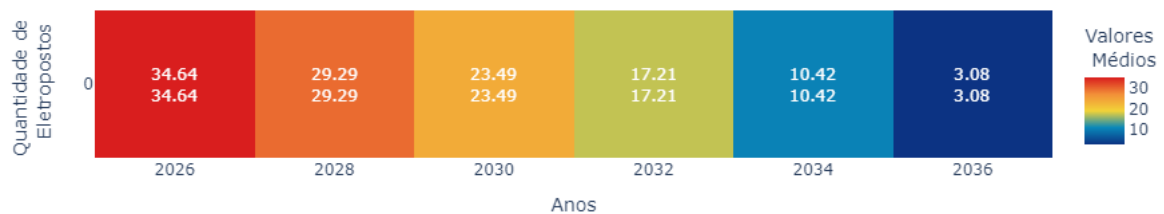


Figura 4.8: Evolução da margem de estabilidade de tensão convencional para 138kV através dos anos.

Fonte: Do autor.

Através da avaliação da Figura 4.8, é fácil notar que os valores de margem da rede diminuem de 36,64%, em 2026, a 3,08%, em 2036. Este caso apresenta valores de margem de estabilidade baixos e próximos de um colapso de tensão nos anos finais de análise.

4.3.1.2 Margem de Estabilidade Convencional para 69kV

Agora o sistema é submetido ao ponto de máximo carregamento da barra mais fraca pertencente ao nível de tensão de 69kV. A referência de potência é retirada da barra número 10480, $P_{PMC_{138}} = 2.024,48$ MW.

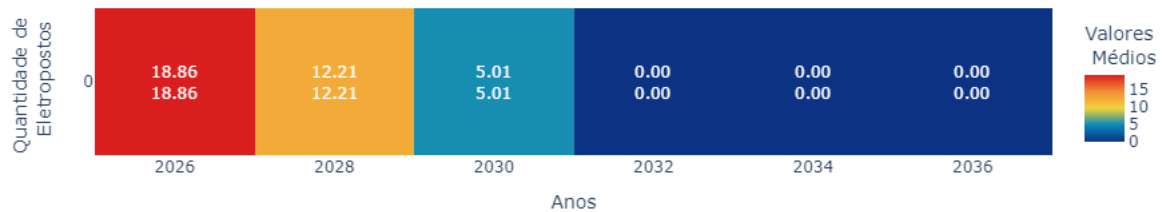


Figura 4.9: Evolução da margem de estabilidade de tensão convencional para nível de tensão de 69kV através dos anos.

Fonte: Do autor.

Observando a Figura 4.9, nota-se que as margens continuam diminuindo com 18,86%, em 2026, e valores nulos de margem a partir de 2032. O cenário de análise apresenta valores de margem de estabilidade baixos e próximos de um colapso de tensão nos anos iniciais da análise.

4.3.2 Margem de Estabilidade Operacional

A análise dos valores da margem de estabilidade operacional visa determinar a grandeza alvo a partir do agrupamento de barras em um mesmo nível, mesmo que o alocamento de postos não faça tal distinção. O ponto de máximo carregamento passa a ser o valor de potência que garante a condição de operação segura para o grupo inteiro.

4.3.2.1 Margem de Estabilidade Operacional para 138 kV

Nesse nível de tensão estão identificadas 14 barras, com limites de potência entre 2.513,49 e 4.362,47 MW.

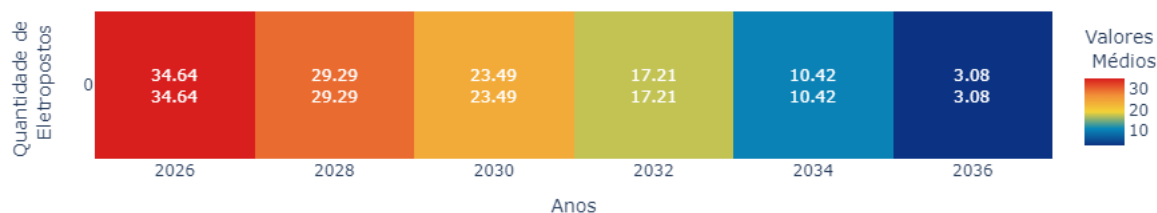



Figura 4.10: Evolução da margem de estabilidade de tensão operacional para nível de tensão de 138kV através dos anos.

Fonte: Do autor.

A margem de estabilidade de tensão segue a tendência de diminuir com o passar dos anos, como é possível enxergar na Figura 4.10. Os resultados obtidos são idênticos aos obtidos no caso de análise de margem convencional para o PMC máximo. Os valores de margem vão de 62,34%, em 2026, a 44,16%, em 2032.

4.3.2.2 Margem de Estabilidade Operacional para 69 kV

Nesse nível de tensão existem 35 barras, com limites de potência entre 2.024,48MW e 4.362,47MW. O primeiro valor mostrado é o menor valor de potência registrado para todas as barras em análise. A consideração desse valor como um "ponto de máximo carregamento" possível tem impactos significativos nos cálculos realizados.

A Figura 4.11 mostra que o comportamento para 69kV segue como visto anteriormente,  registra menores valores para as margens em comparação ao cenário anterior. O resultado não é surpreendente, visto que é neste nível de tensão que a barra com a menor potência limite para operacionabilidade está alocada.

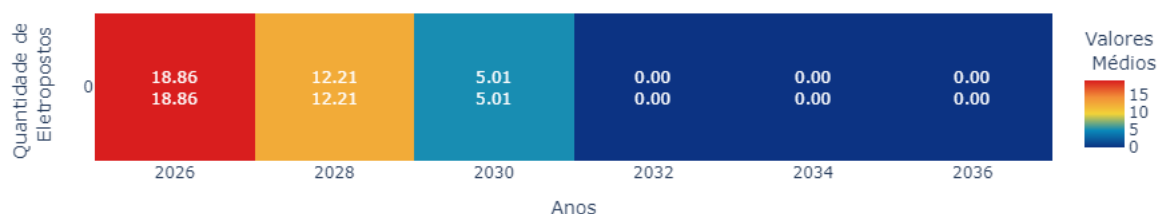



Figura 4.11: Evolução da margem de estabilidade de tensão para nível de tensão de 69kV através dos anos.

Fonte: Do autor.

 Sem que haja a inserção de eletropostos na rede, os valores de margem ficam entre 54,60%, em 2026, e 32,86%, em 2036.

4.4 Avaliação Probabilística da Margem de Estabilidade de Tensão Mediante Inserção de Eletropostos

O processo de determinação dos de margem de estabilidade pela perspectiva probabilística obedece os passos definidos no fluxograma da Figura 4.12:

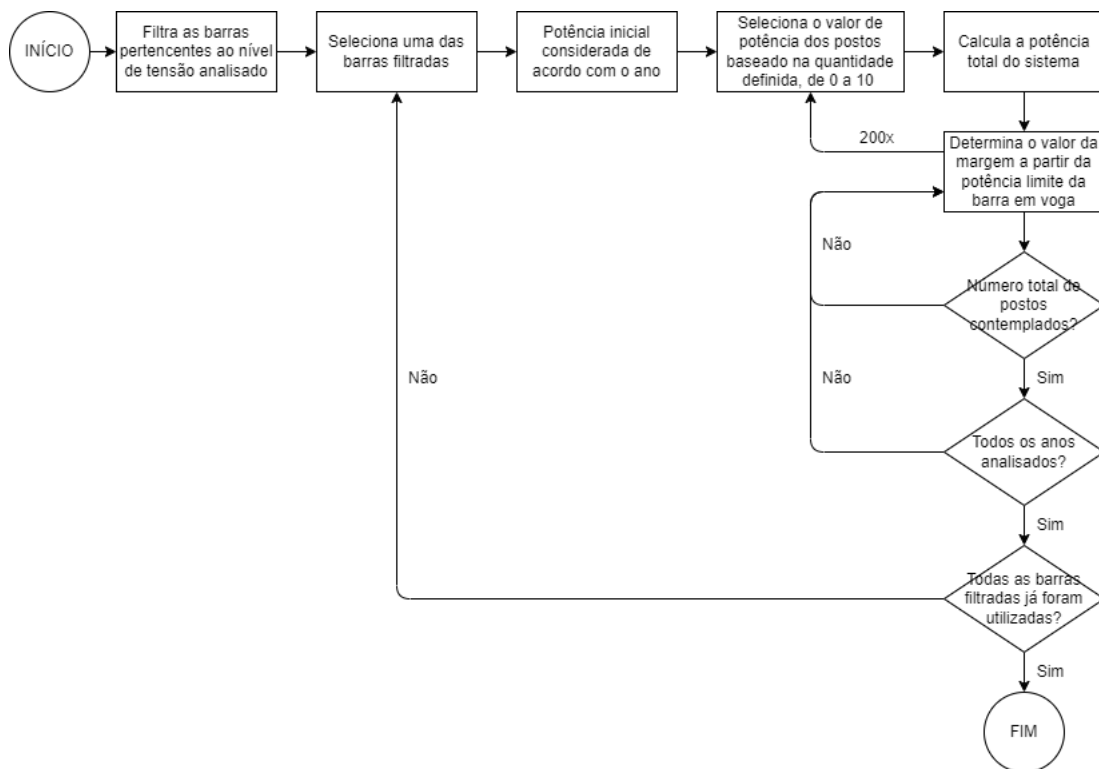


Figura 4.12: Fluxograma de análise de margem de estabilidade.

Os resultados estão dispostos em um mapa de calor cujas cores estão graduadas a partir dos valores médios de margem. Cada célula apresenta os valores mínimo e máximo atingidos para o ano e para o número de postos considerado.

4.4.1 Margem de Estabilidade Probabilística Convencional

Para este caso considera-se $P_{PMC} = 4362.47$ MW, novamente. A Figura 4.13 apresenta o comportamento da rede com o passar dos anos e o aumento do números de postos

incluídos.

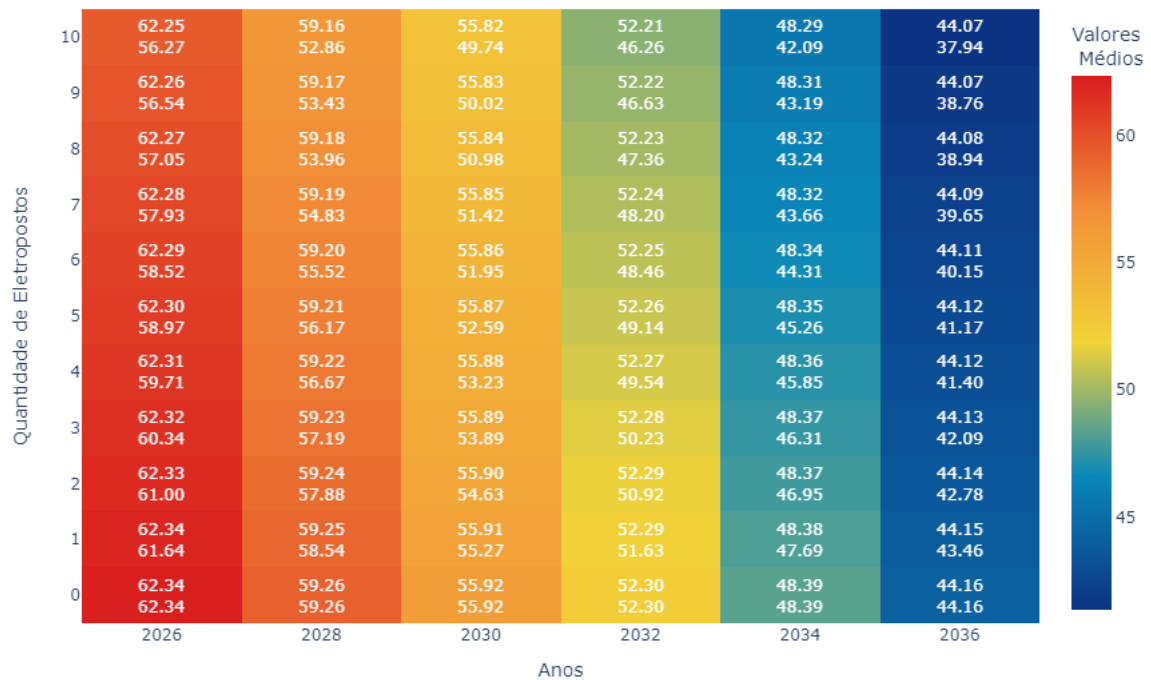


Figura 4.13: Evolução da margem de estabilidade de tensão convencional com o número de eletropostos através dos anos.

Fonte: Do autor.

A tendência de queda mantém-se neste caso. Considerando os valores de margem com pelo menos um posto incluído tem-se, em 2026, os maiores valores de margem, indo de 62,34% a 56,27%. Os valores continuam a cair até 2036, cuja margem máxima é de 44,15% e mínima é 37,94%. Este caso de análise apresenta valores de margem de estabilidade robustos e longe da margem de segurança mínima.

4.4.1.1 Margem de Estabilidade Probabilística Convencional para 138 kV

Agora o sistema é novamente submetido ao ponto de máximo carregamento da barra mais fraca pertencente ao nível de tensão de 138kV. A referência de potência é retirada da barra número 10540, $P_{PMC_{138}} = 2.513,49$ MW.

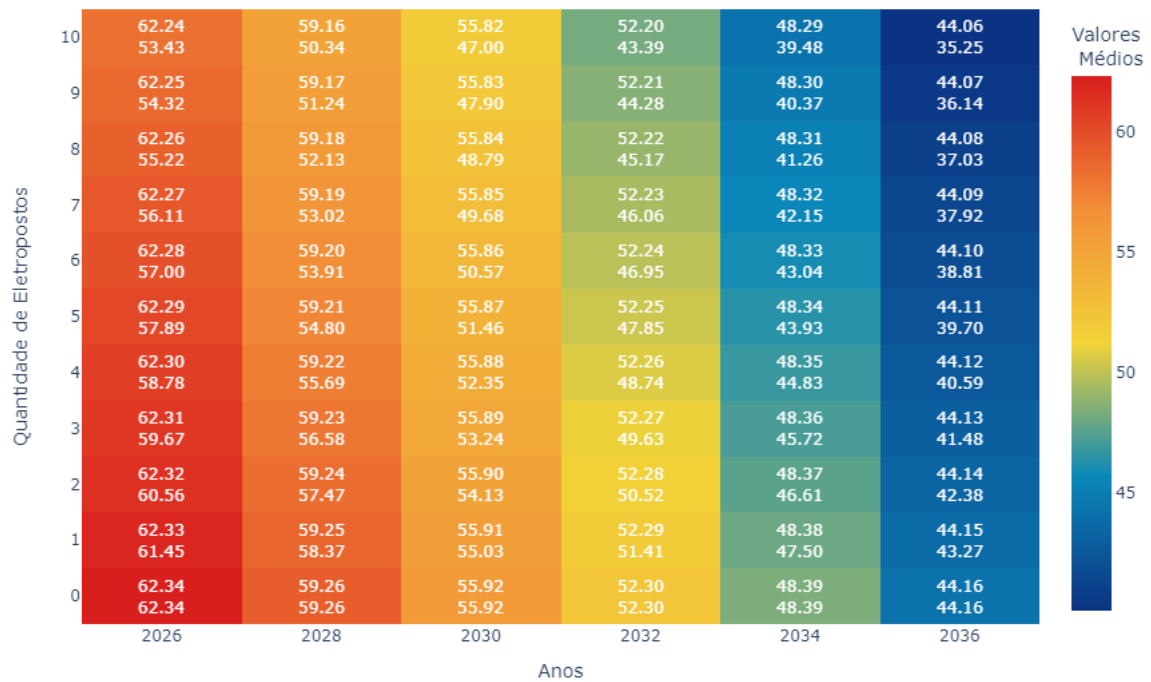


Figura 4.14: Evolução da margem de estabilidade de tensão convencional para nível de tensão de 138kV com o número de eletropostos através dos anos.

Fonte: Do autor.

Através da avaliação da Figura 4.16, considerando a inclusão de ao menos um posto, é fácil notar que os valores de margem da rede diminuem. Em 2026 os valores de margem vão de de 62,33% a 53,43%. Em 2036 registra margens em um intervalo de 44,15% e 35,25% . Este caso de análise apresenta valores de margem de estabilidade robustos e longe da margem de segurança mínima.

4.4.1.2 Margem de Estabilidade Probabilística Convencional para 69kV

Mais uma vez a rede é submetida ao ponto de máximo carregamento da barra mais fraca pertencente ao nível de tensão de 69kV. A referência de potência é retirada da barra número 10480, $P_{PMC_{138}} = 2.024,48$ MW.

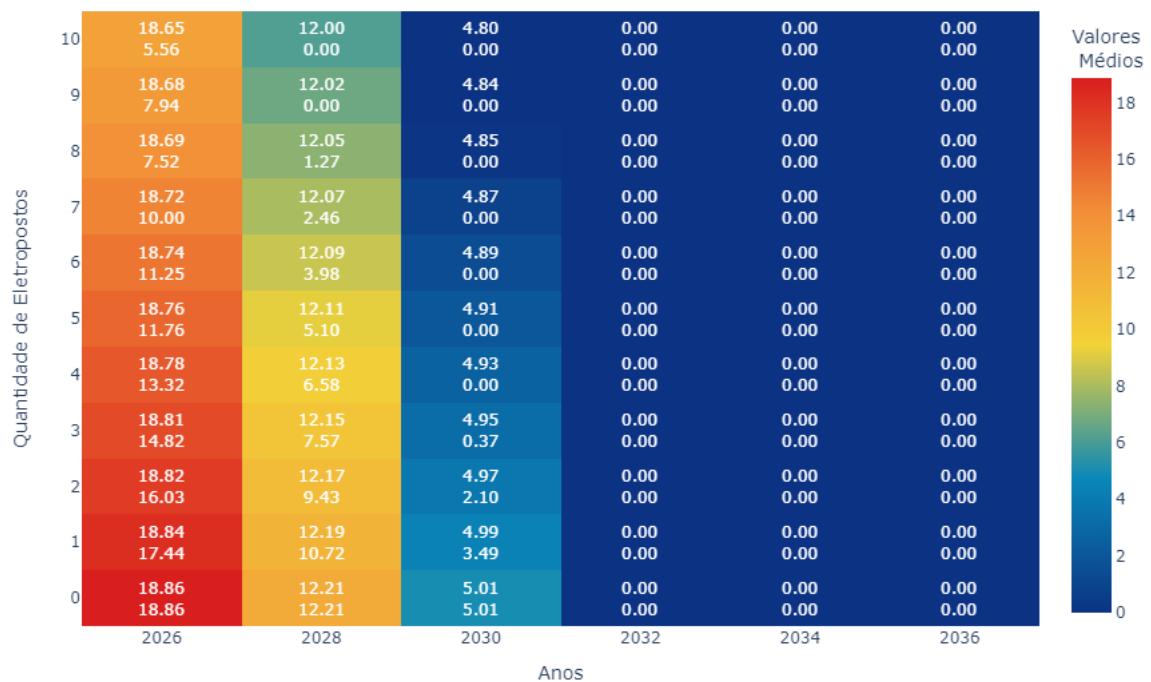


Figura 4.15: Evolução da margem de estabilidade de tensão convencional para nível de tensão de 69kV com o número de eletropostos através dos anos.

Fonte: Do autor.

Observando a Figura 4.15, nota-se que as margens continuam diminuindo com o aumento de eletropostos conectados. Em 2026 os valores de margem vão de de 18,84% a 5,56%. Em 2028 o sistema já poderia sair do intervalo de segurança, a partir de seis postos alocados, com 3,98% de margem. Em 2030 o sistema estaria à beira da instabilidade, a partir de três postos alocados, com um valor máximo de 4,93% e mínimo de zero. Com a alocação de quatro eletropostos, o colapso do sistema seria iminente.

4.4.2 Margem de Estabilidade Probabilística Operacional

Nos casos a seguir a grandeza alvo é, mais uma vez, determinada a partir do agrupamento de barras em um mesmo nível. O ponto de máximo carregamento passa a ser o valor de potência que garante a condição de operação segura.

4.4.2.1 Margem de Estabilidade Probabilística Operacional para 138kV

A margem de estabilidade de tensão segue a tendência de diminuir com o passar dos anos, como é possível enxergar na Figura 4.16. Em 2026 os valores de margem são maiores,

variando de 62,33% a 53,43%. Em 2036 os valores de margem vão de 44,15% a 35,25%.

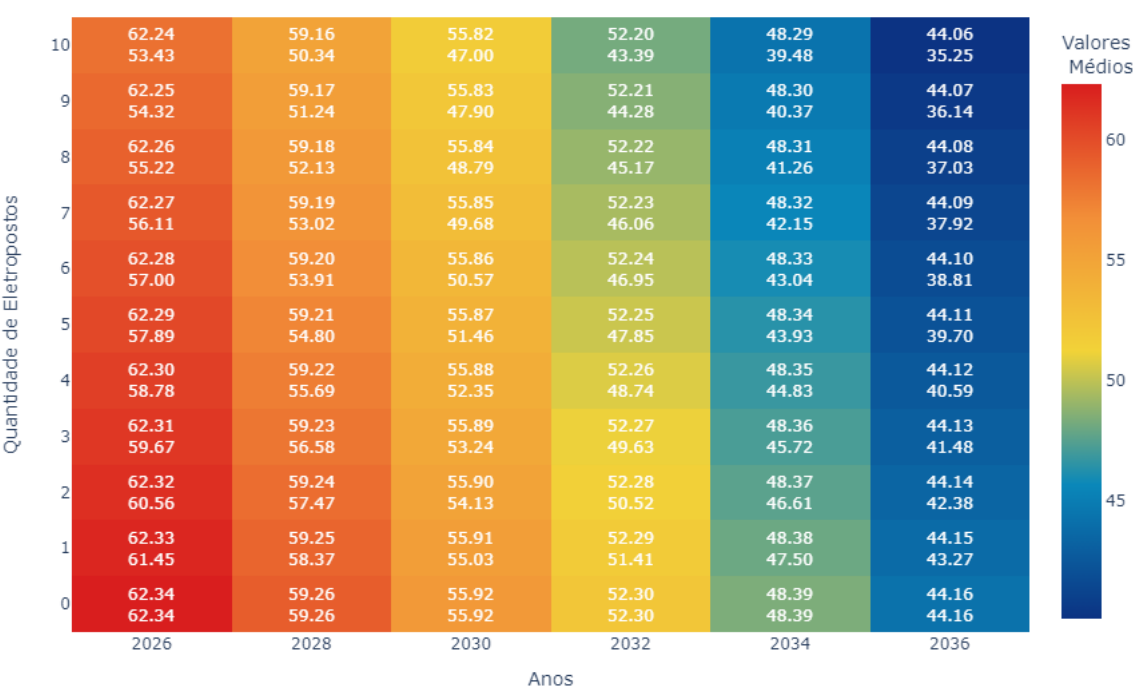


Figura 4.16: Evolução da margem de estabilidade de tensão operacional para nível de tensão de 138kV com o número de eletropostos através dos anos.

Fonte: Do autor.

4.4.2.2 Margem de Estabilidade Probabilística Operacional para 69kV

A Figura 4.11 mostra que o comportamento para 69kV segue como visto em casos prévios.

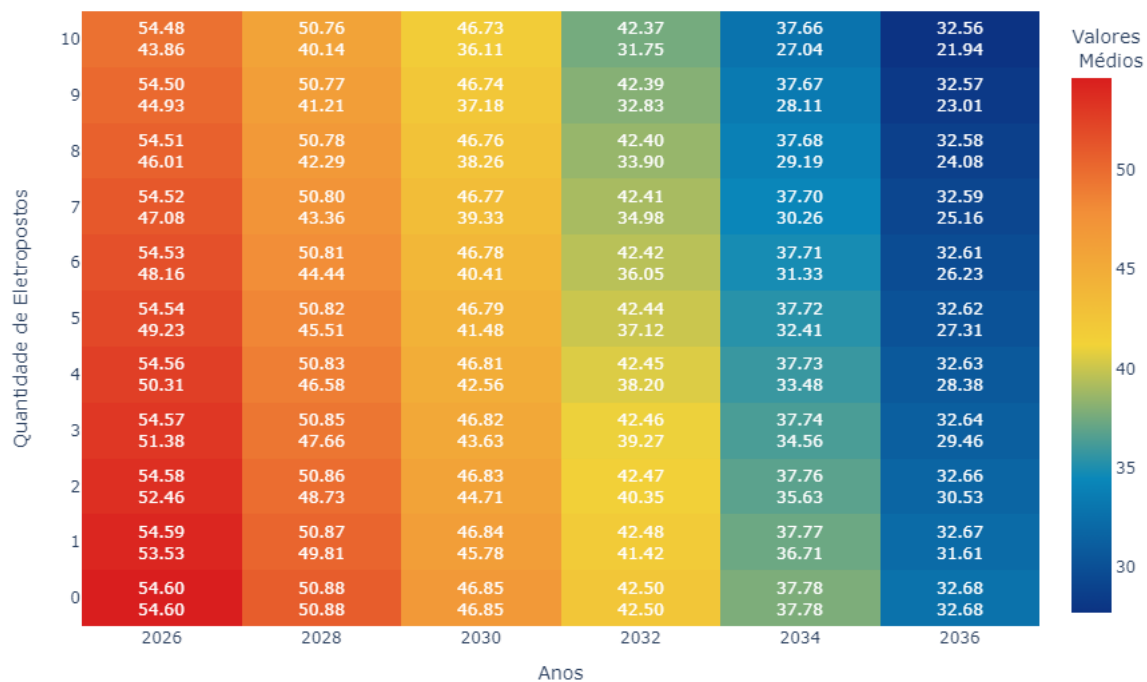


Figura 4.17: Evolução da margem de estabilidade de tensão operacional para nível de tensão de 69kV com o número de eletropostos através dos anos.

Fonte: Do autor.

Com a inserção de eletropostos na rede, os valores de margem ficam entre 18,84% e 5,56% em 2026. A margem pode sair do intervalo de segurança em 2030 a partir de dois postos conectados. Ainda neste ano, a depender dos o sistema entra em colapso a para as potências de postos, quando quatro destes são conectados. Em 2032 o sistema é completamente inábil de receber postos de carregamento.

4.4.3 Capacidade de Hospedagem dos Eletropostos

A capacidade de hospedagem do sistema baseia-se na quantidade de eletropostos possíveis de serem alocados no intervalo de potência disponível a partir do ponto de operação até o ponto de máximo carregamento considerado.

4.4.3.1 Capacidade de Hospedagem Convencional

Assim como a margem de estabilidade convencional, a capacidade de hospedagem convencional avalia a capacidade bruta de alocação de novas cargas, mesmo que a condição segura de operação não seja garantida.

A determinação dos valores de postos que podem ser inseridos a cada ano e número de barras consideradas obedece os processos definidos na Figura 4.18.

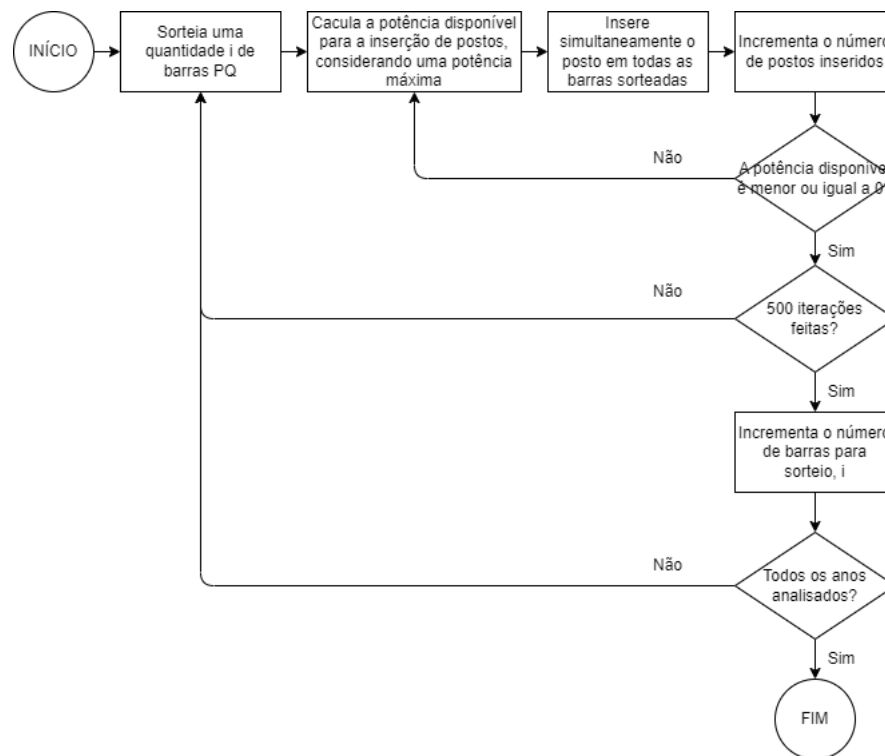


Figura 4.18: Fluxograma de análise de capacidade de hospedagem convencional.

Na Figura 4.19 fica evidente que, quando analisado de maneira isolada, o número de barras alocadas tem pouca influência na capacidade de hospedagem, uma vez que os valores máximos e mínimos para cada caso são muito próximos uns dos outros. Por outro lado, é notável a diminuição da capacidade ao longo dos anos. Apesar dessa tendência, é importante ressaltar que os valores alcançados ainda são consideráveis em quantidade.

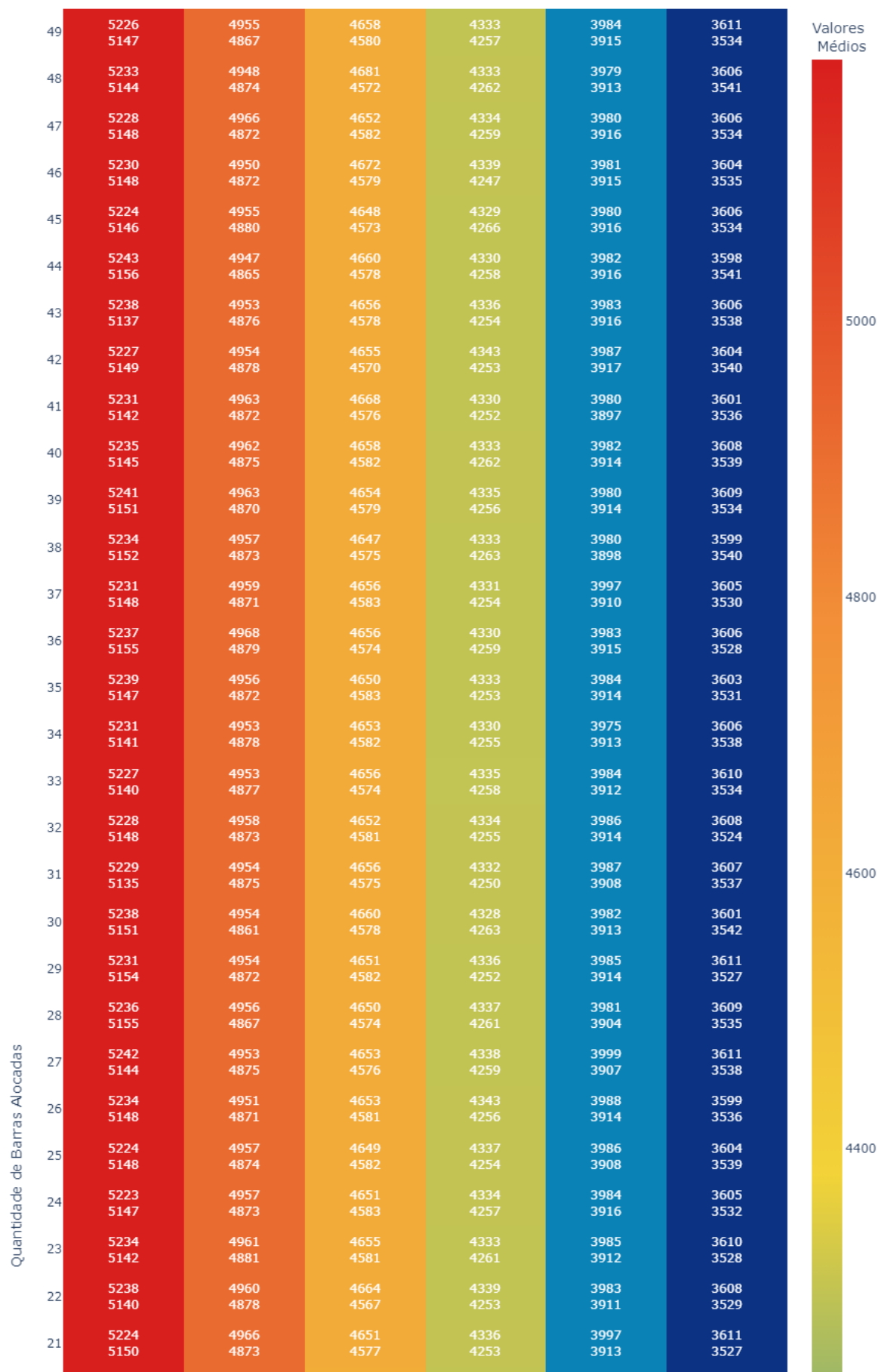




Figura 4.19: Evolução da capacidade de hospedagem convencional com o número de barras alocadas através dos anos.

Fonte: Do autor.

4.4.4 Capacidade de Hospedagem para Condição de Operação Segura

Desta vez, o limite de potência para a operação segura passa a ser o ponto máximo de carregamento de cada uma das barras selecionadas. O cálculo é feito a partir da iteração entre todas as barras e a inclusão de sucessivos valores de potência possíveis dos

eletropostos, de maneira aleatória, como demonstra a Figura 4.20.

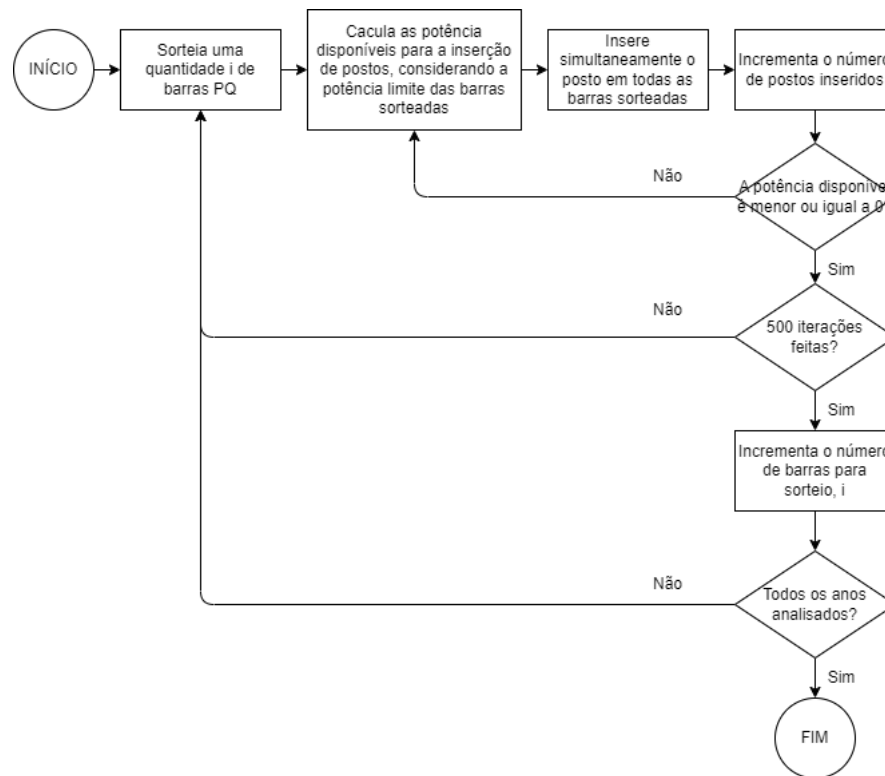
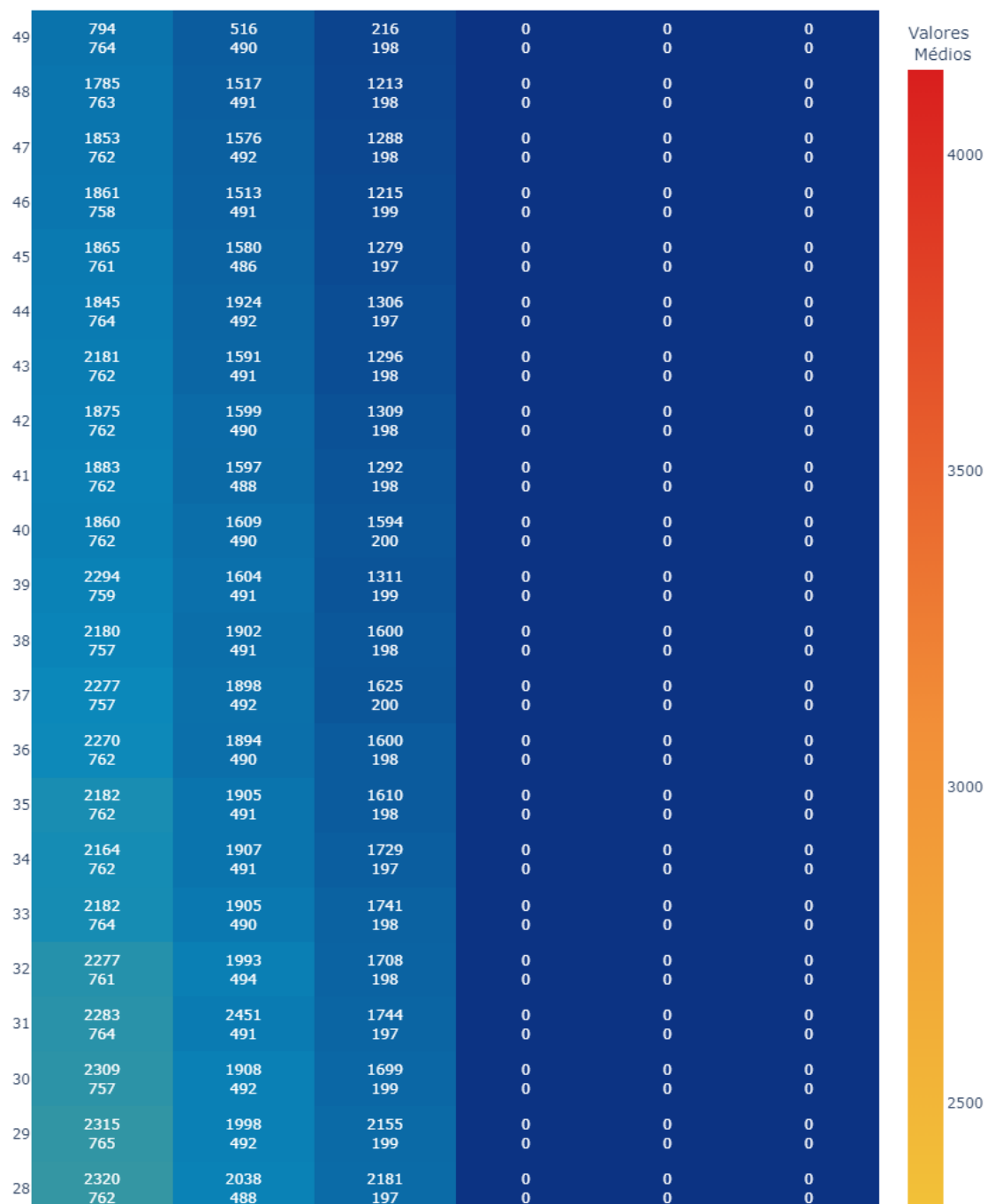


Figura 4.20: Fluxograma de análise de capacidade de hospedagem probabilística.

Pela Figura 4.21 vê-se que a resposta do sistema às condições de análise é interessante e demonstra sua fragilidade. De 2026 a 2030 o sistema é capaz de receber postos, indo de 5593 com um barra selecionada, até 198 com 49 delas. Em 2032 o sistema já não é capaz de receber nenhuma estação de carregamento, isso acontece pois no ano mencionado, o ponto de operação inicial já é maior que o potência limite de determinada barra do sistema, por isso a impossibilidade de receber novas estações.



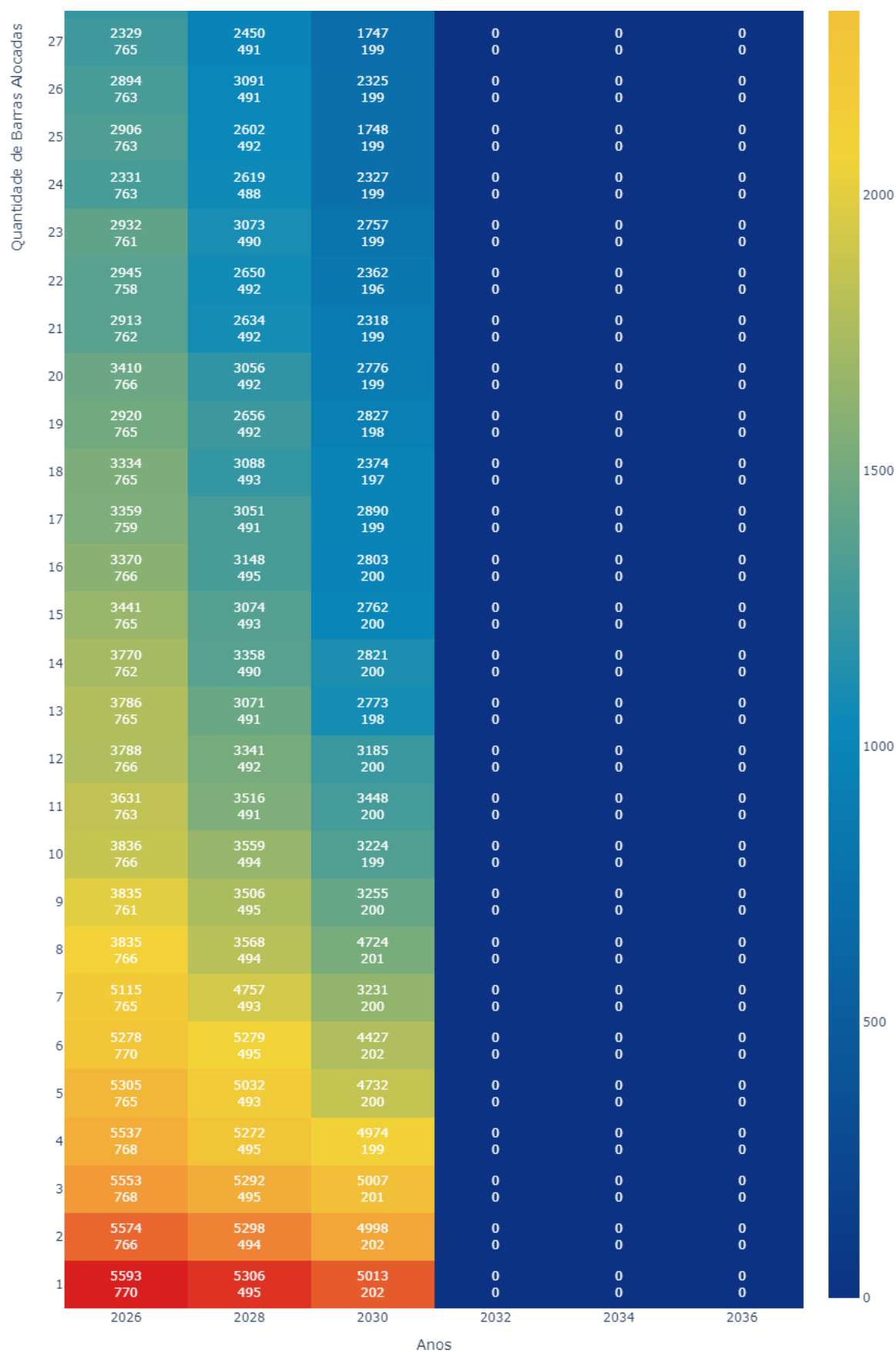


Figura 4.21: Evolução da capacidade de hospedagem para condição de operação segura com o número de eletropostos através dos anos.

Fonte: Do autor.

4.4.5 Considerações Finais

O crescimento anual de consumo de energia elétrica acarreta um aumento de carga a qual a rede elétrica de Manaus e suas adjacências imediatas é submetida. Esse aumento de consumo afeta o comportamento do sistema elétrico, à medida em que mais consumidores, residenciais, comerciais ou industriais, elevam a demanda por energia.

Aumentar a carga na rede elétrica significa deslocar o ponto de operação do sistema e aproximá-lo do ponto de máximo carregamento, causando diminuição nos valores de margem de estabilidade, que são os níveis de segurança que garantem que a rede elétrica possa lidar com flutuações e contingências imprevistas.

A amplificação do consumo impacta a potência disponível para a alocação de outros recursos, como postos de carregamento de carros elétricos, alvo desta pesquisa. Portanto, o crescimento do consumo de energia elétrica não apenas afeta a estabilidade do sistema elétrico, mas também influencia a capacidade de expandir e acomodar novas tecnologias.

Capítulo 5

Conclusões

Visando um futuro mais sustentável e com menor grau de poluição, os veículos elétricos emergem como uma alternativa eficaz para promover a mobilidade urbana e reduzir a dependência de combustíveis convencionais. Por operarem com baterias como fonte de energia elétrica, a recarga desses veículos é mandatória, sendo mais convenientemente realizada através da conexão à rede. Para viabilizar esse processo, é imperativo que o sistema elétrico esteja capacitado para fornecer a energia necessária ao recarregamento das baterias.

O trabalho em questão proporcionou uma análise da resposta da rede elétrica de Manaus e suas adjacências diante do aumento da demanda e da integração de postos de recarga para veículos elétricos, avaliando também a capacidade de hospedagem desses pontos.

A análise dos dados obtidos de potência e tensão, obtidos através da simulação do fluxo de carga continuado no *software* ANAREDE, revela como a margem de estabilidade de tensão é afetada negativamente pelo incremento de carga e a conexão dos postos de carregamento. Essa tendência é observável em todos os cenários propostos. Além destes, o que se demonstra como elemento mais impactante na margem de estabilidade é o ponto de máximo carregamento considerado. Quanto menor for esse valor de potência, menores serão as margens, como esperado. É vital para a saúde do sistema considerar pontos que atendam necessidade específicas, como os casos de garantia de operação segura.

A capacidade de hospedagem é significativamente impactada pelo aumento de demanda, mas é pouco influenciada pelo número de barras de carga consideradas na alocação. Isso ocorre pois o algoritmo desenvolvido para essa inspeção seleciona barras aleatórias e

realiza os incrementos de carga. Entretanto, quando a barra 10480 é selecionada, não é possível realizar nenhum incremento, visto que sua potência limite para operacionabilidade é menor que a potência do sistema prevista para o ano de 2032.

O cenário determinante para a designar a situação futura do sistema encontra-se na subseção 4.3.3, neste é possível avaliar o sistema quando submetido a um ponto de máximo carregamento que garante a entrega de uma tensão disponível mínima de 0,95pu. Se essa condição deseja ser mantida o sistema encontraria problemas com a inserção de eletropostos logo em 2030, com margens máximas variando entre 4,99% e 4,80% e margens mínimas indo de 3,49% a zero.

Conclui-se que para incentivar e promover a comercialização e produção de carros elétricos, é imperativo fortalecer a infraestrutura da rede elétrica de transmissão, a fim de atender as demandas identificadas em sua completude.

5.1 Trabalhos Futuros

O entendimento da saúde da rede e as condições de recebimento de eletropostos para carregamento de veículos elétricos pode ser aprimorada a partir de futuros trabalhos complementares a este. Há dois estudos possíveis: avaliação do carregamento dos condutores de linhas de transmissão com base nas premissas da Margem de Estabilidade de Tensão (MET) e da MET Operacional, e o desenvolvimento de estratégias para a alocação de postos de recarga com diferentes valores de potência, visando atender o valor $P_{PMC} - P_o$, com uma análise de sensibilidade específica para cada barra.

No que diz respeito à avaliação do carregamento dos condutores, é interessante explorar implicações das premissas da MET e MET Operacional. Isso envolve a consideração de diferentes cenários de operação, variações na demanda e a influência de fatores externos na estabilidade da tensão. Aprofundar essa análise contribuirá para um entendimento mais abrangente das condições de operação da rede elétrica, permitindo a identificação de pontos críticos e a implementação de medidas preventivas eficazes.

No que se refere ao desenvolvimento de estratégias para alocar postos de recarga com diferentes valores de potência, é necessário criar abordagens que atendam de maneira eficiente à relação $P_{PMC} - P_o$. Isso implica não apenas em distribuir postos de recarga de forma estratégica, mas também em considerar a variação de potência em cada barra

específica. Uma análise de sensibilidade detalhada para cada barra permitirá ajustes precisos na alocação dos postos, levando em conta as características específicas de cada ponto da rede elétrica.

Dessa forma, a exploração desses tópicos em futuros trabalhos aprimorará não apenas a capacidade de prever e gerenciar as condições de operação das linhas de transmissão de 138kV e 69kV, mas também desenvolver estratégias mais refinadas para a expansão e otimização da infraestrutura de recarga, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência do sistema de mobilidade elétrica.