

PROGNÓSTICO DE NÍVEIS DO RIO AMAZONAS PARA O PERÍODO DE VAZANTE DE 2025

ESTAÇÃO ITACOATIARA – RIO AMAZONAS

NOTA TÉCNICA

Brasília, 19 de setembro de 2025

PROGNÓSTICO DE NÍVEIS DO RIO AMAZONAS PARA O PERÍODO DE VAZANTE DE 2025

ESTAÇÃO ITACOATIARA – RIO AMAZONAS

NOTA TÉCNICA

Marcus Suassuna Santos

Bruna Gomes Amancio

Artur José Soares Matos

André Martinelli Santos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	4
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1	Dados hidrológicos	5
3	ANÁLISE DE MÍNIMAS ANUAIS	7
3.1	Estatísticas Descritivas	7
3.2	Análise da estacionariedade e tendência.....	9
3.3	Ajuste da Distribuição Normal	9
4	ANÁLISE DE DURAÇÃO DE EVENTOS	10
4.1	Análise de frequência.....	10
4.2	Correlação com mínimas anuais	12
5	PROGNÓSTICOS PARA 2025	13
5.1	Prognóstico por semelhança dos cotogramas.....	13
5.2	Prognóstico por Teleconexões Climáticas	14
6	COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS	18
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	19

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A estação fluviométrica de Itacoatiara (código 16030000) é ponto estratégico para o monitoramento hidrológico e a gestão de recursos hídricos na região do rio Amazonas. No trecho dessa estação, o rio Amazonas já conta com a contribuição de seus principais afluentes incluindo-se as bacias dos rios Madeira e Negro (Figura 1.1). Essa figura ilustra a bacia do rio até a estação Itacoatiara e destaca três das principais sub-bacias do rio Amazonas e os pontos das principais estações fluviométricas em operação na região. O regime do rio é marcado por uma sazonalidade bem definida, com períodos de cheia e vazante que impactam diretamente a navegação, o abastecimento público e os ecossistemas locais, como será detalhado nos tópicos seguintes.

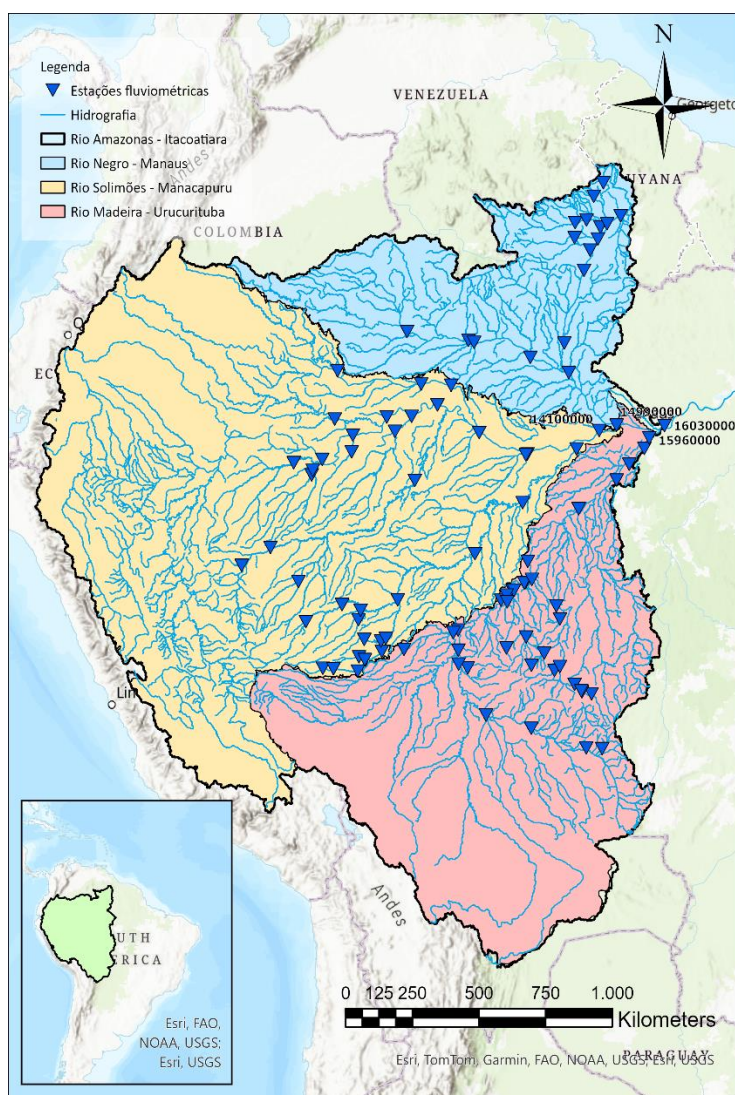


Figura 1.1: Bacia do rio Amazonas até a estação Itacoatiara (16030000). No mapa foram destacadas três das maiores bacias formadoras do rio Amazonas: Negro (fz na estação Manaus - 14990000); Solimões (fz na estação Manacapuru); e Madeira (fz situada na estação Urucurituba - 15960000).

Eventos recentes de seca severa, como o registrado em 2024 – quando o nível mínimo atingiu -17 cm na estação de Itacoatiara, o nível mais baixo da série histórica –, destacam a vulnerabilidade do sistema e a necessidade de ferramentas aprimoradas para previsão e gestão de riscos. Essa variabilidade hidrológica é influenciada por forças climáticas de

grande escala, em especial o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENSO), que modula os padrões de precipitação na Amazônia.

As informações sobre a bacia do Rio Amazonas vêm sendo constantemente demandadas por diversas instituições, público e privadas. Por isso, a equipe do SGB/CPRM produziu esta Nota Técnica para comunicar à comunidade o cenário para 2025 relacionado à vazante do rio, com foco na estação de Itacoatiara. A estação é de responsabilidade da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), e é operada pelo SGB.

Os objetivos específicos dessa Nota Técnica incluem:

- Realizar uma análise estatística da série histórica de níveis mínimos anuais e da duração de eventos de estiagem, incluindo-se potenciais tendências das séries históricas;
- Investigar a existência de tendências de longo prazo e a influência de teleconexões climáticas, como o ENSO e a Oscilação Decadal do Pacífico (PDO);
- Elaborar prognósticos para a vazante de 2025 utilizando dois métodos independentes: analogia hidrológica por semelhança de cotogramas e análise de correlação com índices climáticos;
- Comparar os cenários gerados pelos diferentes métodos para estabelecer um prognóstico e apresentar conclusões e recomendações para a gestão operacional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados hidrológicos

Este estudo utilizou dados diários de nível d'água da estação fluviométrica Itacoatiara, localizada no rio Amazonas (código 16030000). A série temporal analisada compreende o período de 1997 a 2025, totalizando 27 anos completos de dados (Figura 2.1). A série evidencia uma sazonalidade marcante, característica típica dos rios amazônicos, com ciclos anuais bem definidos de cheias e secas. A linha vermelha representa uma avaliação da tendência temporal da série, que indica oscilações de comportamento ao longo dos anos no que diz respeito às vazões médias diárias. Os anos de 2020 foram marcados por abrupta redução dos níveis em razão, principalmente, dos anos mais secos do histórico, 2023 e 2024. Análises específicas de extremos serão feitas no item 3.2.

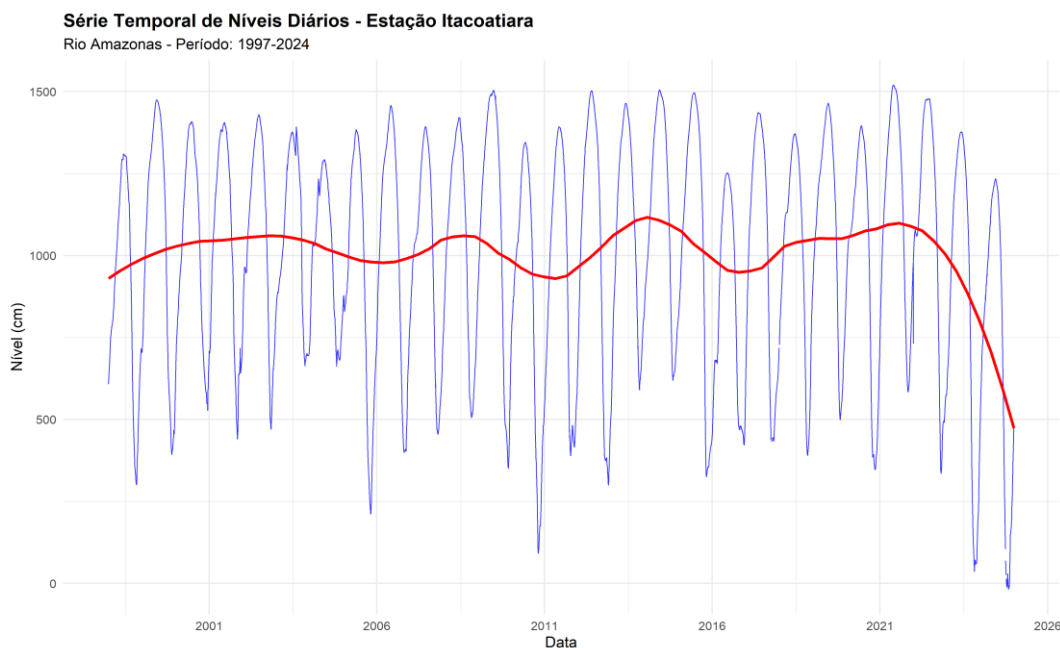


Figura 2.1: Série histórica de níveis médios diários na estação de Itacoatiara entre 1997 e 2024. A linha vermelha indica a tendência de longo prazo ajustada por regressão polinomial local (loess).

A Figura 2.2 apresenta a sazonalidade do Rio Amazonas na estação de Itacoatiara, cada linha colorida ilustra o nível da água (em cm) para um ano específico. Mais uma vez, é possível observar um padrão sazonal bem definido, com um período de cheia ocorrendo entre maio a julho, atingindo picos que chegam aos 15 m, e um período de vazante de agosto a dezembro, com níveis mínimos que chegaram a -17 cm durante a seca extrema de 2024. A variação média, porém, ocorre entre aproximadamente 14 m na máxima e 3 m na mínima (amplitude média de 11 m).

Além da sazonalidade, o gráfico sugere uma tendência de longo prazo, onde anos mais recentes (linhas em tons claros de verde e amarelo) mostram picos de cheia mais elevados e níveis de vazante mais baixos em comparação com anos anteriores (linhas em tons de roxo e azul). Isso pode indicar um possível aumento na amplitude da variação do nível do rio ao longo das décadas, o qual pode estar relacionado à ocorrência de eventos hidrológicos extremos ou uma concentração das chuvas em uma janela mais curta de tempo.

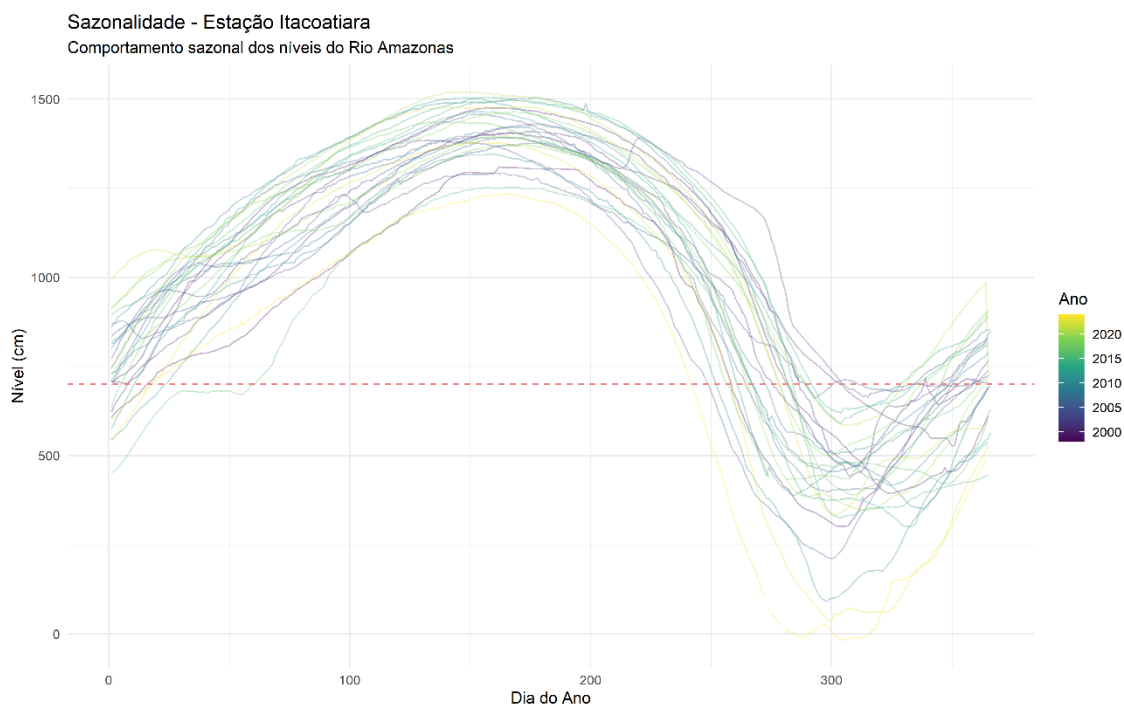


Figura 2.2: Sazonalidade dos níveis do rio Amazonas na estação Itacoatiara.

A Figura 2.3 ilustra o mês de ocorrência das mínimas anuais na série histórica. Os dados indicam que as mínimas anuais ocorreram predominantemente em outubro (51,85%) ou novembro (33,33%), seguido por dezembro (11,11%) e janeiro (3,70%), o que sugere que o período mais crítico da estação de seca, em média, ocorre em outubro.

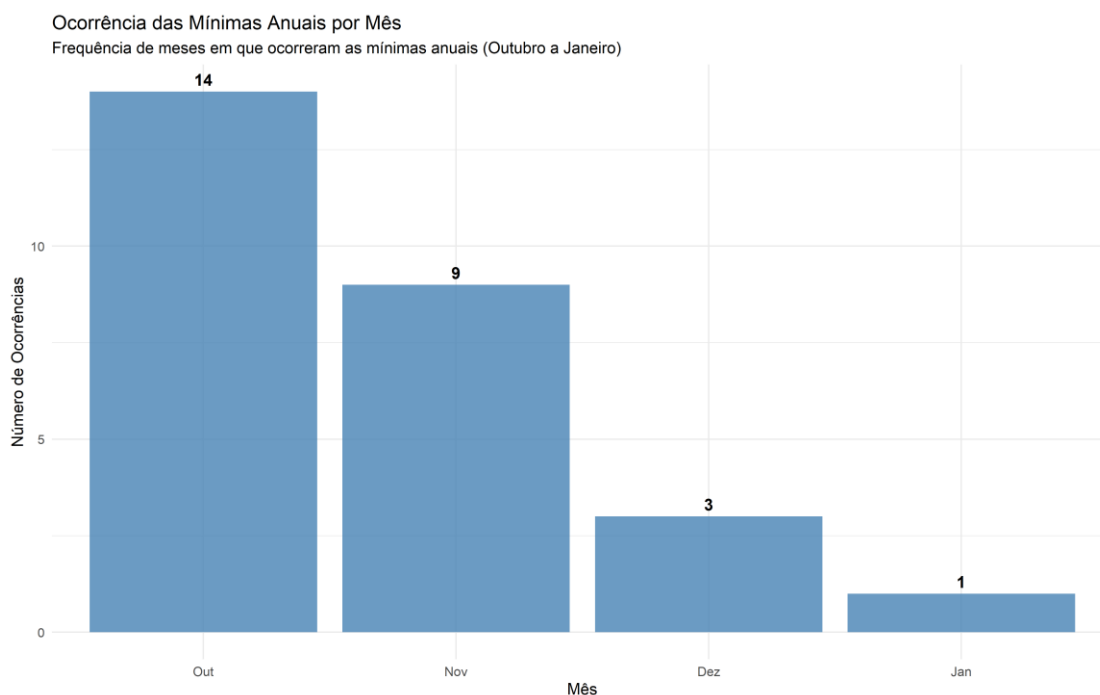


Figura 2.3: Distribuição mensal de ocorrência das mínimas anuais

3 ANÁLISE DE MÍNIMAS ANUAIS

3.1 Estatísticas Descritivas

A Tabela 3.1 apresenta os 10 valores mínimos anuais registrados no período de análise, os quais estão numa faixa de -17 cm a 350 cm. O ano de 2024 foi o mais crítico, onde a estação chegou a apresentar cota mínima de -17 cm. Valores negativos significam que o rio baixou abaixo do 'zero' de referência da régua, que é um ponto arbitrário local. Isso não indica altitude negativa em relação ao mar, apenas que o nível estava mais baixo que a marca de referência inicial definida localmente para a seção da estação.

Tabela 3.1: Menores valores de mínimas anuais para a estação fluviométrica de Itacoatiara

ANO	MÍNIMA ANUAL (CM)
2024	-17
2023	36
2010	91
2005	211
2012	300
1998	301
2015	325
2022	335
2020	347
2009	350

Na Tabela 3.2 são apresentadas uma série de estatísticas descritivas mensais dos níveis do período para a estação fluviométrica de Itacoatiara, apresentando médias, medianas, desvios-padrão, mínimos, máximos mensais, além do primeiro e terceiro quartis. Os dados de média e mediana da Tabela 3.2 confirmam o padrão sazonal identificado na Figura 2.2. Esses dados permitem identificar os meses de pico de cheia, maio a julho, e os meses de pico de seca, outubro e novembro. Já os dados de desvio padrão revelam que os meses com maior variação de nível são setembro e outubro, os quais correspondem ao período de vazante, enquanto o período de cheias tende a ser mais consistente. Esse desvio padrão elevado sugere a maior variabilidade dos níveis de seca, o que, por sua vez, implica em uma menor previsibilidade desses níveis no trecho de Itacoatiara.

Os valores de Mínimo e Máximo reforçam a grande amplitude dos níveis do rio ao longo do ano, com diferenças de até 12 m entre o valor mínimo e máximo já registrado em um mês. A análise dos quartis oferece mais detalhes, e confirma o que foi observado pelos dados de desvio padrão. Durante o pico de secas em outubro 75% dos dados de nível do rio ficam abaixo de 684 cm (Q3), enquanto 25% estão abaixo de 396 cm (Q1), evidenciando que, mesmo no pico da seca, os níveis variam significativamente. Já durante a cheia em junho, a maior parte dos dados (50% centrais) se concentra entre 1368 cm (Q1) e 1464 cm (Q3).

Tabela 3.2: Estatísticas descritivas mensais dos níveis da estação fluviométrica de Itacoatiara: médias, medianas, desvios padrão, mínimos, máximos, primeiro e terceiro quartis (estimativas em cm).

Mês	Média	Mediana	DP	Mínimo	Máximo	Q1	Q3
Jan	844	860	133	452	1080	748	946
Fev	1009	1036	121	670	1232	941	1092
Mar	1152	1171	122	703	1363	1073	1249
Abr	1279	1295	103	1013	1465	1207	1360
Mai	1374	1377	85	1165	1520	1325	1441
Jun	1401	1401	76	1212	1519	1368	1464
Jul	1346	1353	88	1068	1498	1295	1411
Ago	1196	1217	135	657	1431	1116	1293
Set	886	929	239	69	1298	732	1063
Out	520	512	218	-17	1132	396	684
Nov	466	476	166	-18	736	383	595
Dez	617	646	160	176	984	495	732

3.2 Análise da estacionariedade e tendência

A análise de tendências de longo prazo para a estação de Itacoatiara revela um comportamento cíclico significativo entre os extremos hidrológicos. Para as mínimas anuais (Figura 3.1), dos anos 1998 até a data presente, a tendência tem sido de redução dos mínimos a uma taxa de $-7,03$ cm/ano, a qual não foi estatisticamente significativa a um nível de significância de 5%. Contudo, observando-se outros pontos localizados na bacia do rio Amazonas, entende-se que o fato de a tendência não ter sido considerada estatisticamente significativa pode ser resultado de a série histórica ser mais curta em Itacoatiara. Séries mais longas, por exemplo no rio Negro em Manaus, a tendência observada desde os anos 1970 até 2024 é de $-4,3$ cm, o que é compatível com a tendência observada na Figura 3.1. Este resultado sugere vazantes mais extremas desde o início da série em 1998, com as cotas mínimas tornando-se sistematicamente mais baixas ao longo dos últimos vinte e sete anos.

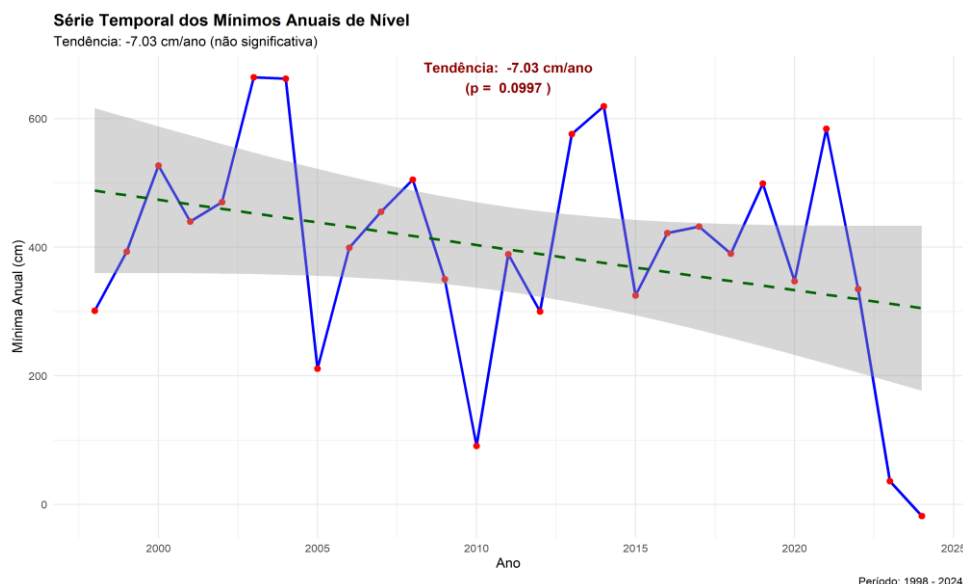


Figura 3.1: Tendência temporal das mínimas anuais na estação de Itacoatiara. A linha de regressão linear (vermelha) indica uma taxa de declínio não significativa de $-7,03$ cm/ano (p -value $> 0,05$) no período analisado.

3.3 Ajuste da Distribuição Normal

A Figura 3.2 ilustra a distribuição de probabilidade dos dados mínimos anuais com curva de densidade de probabilidade ajustada aos dados. Existe uma proximidade entre média (linha azul), em 396 cm, e mediana (linha verde), em 399 cm, o que não sugere assimetria. O teste de Shapiro-Wilk, com p-value 0,1575, sugere que os dados de mínimas podem ser descritos pela distribuição normal a um nível de significância de 5%. Considerando o ajuste, 90% dos dados das mínimas estão situados entre os limites de 53 cm e 649 cm, centrada em torno de 399 cm.

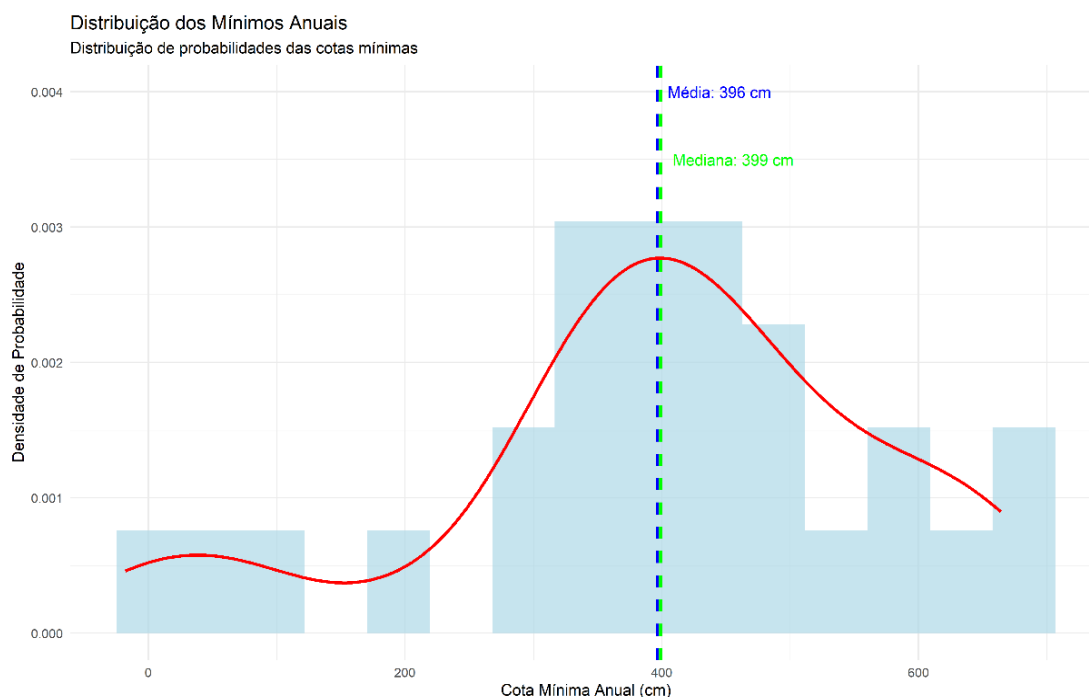


Figura 3.2: Ajuste da distribuição normal aos dados de mínimas anuais na estação Itacoatiara

4 ANÁLISE DE DURAÇÃO DE EVENTOS

4.1 Análise de frequência

A Figura 4.1 apresenta o histograma da duração de dias abaixo de 7 m, que exibe um pico na duração entre 60 e 100 dias. Para modelar probabilisticamente o fenômeno, foram ajustadas aos dados as distribuições Gamma, Exponencial e Weibull, que são mais adequadas para essa finalidade do que a normal. Com base no Critério de Informação de Akaike (AIC) e nos testes de Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling, a distribuição de Weibull demonstrou a melhor aderência aos dados, sendo a selecionada para representar a função densidade de probabilidade do fenômeno.

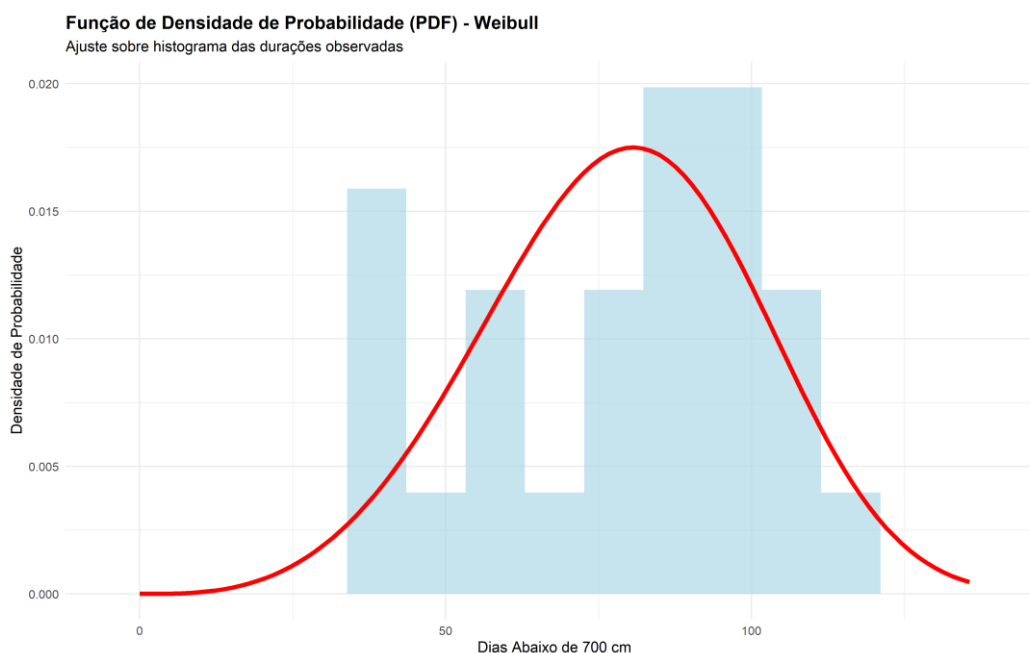


Figura 4.1: Ajuste da distribuição Weibull à duração de eventos de estiagem (dias abaixo de 7 m).

Com base nos dados selecionados para a análise de frequência de duração dos eventos de estiagem, foi construída uma curva de probabilidade de excedência, a qual indica a probabilidade de um evento de seca ultrapassar determinada duração (em dias). Para melhor visualização dos eventos mais raros e extremos, optou-se pela aplicação de escala logarítmica no eixo das probabilidades (Figura 4.2).

O ajuste dos dados revela que a probabilidade de um evento durar mais de 30 dias é de aproximadamente 98,6%, o qual possui tempo de retorno (TR) associado de aproximadamente 1,01 ano. Isso significa que é improvável que o rio passe por um ano aleatório sem que passe ao menos 30 dias abaixo da cota de 7 m. Já para 60 dias essa probabilidade é de aproximadamente 79,5%, o qual possui TR associado de 1,3 anos. Com 90 dias a probabilidade de excedência é de aproximadamente 31,4%, que possui TR associado de 3,2 anos. Em 2024, o rio Amazonas passou 121 dias abaixo de 700 cm, o que teria uma probabilidade de 2,6 % de ocorrer (TR de 38,3 anos).

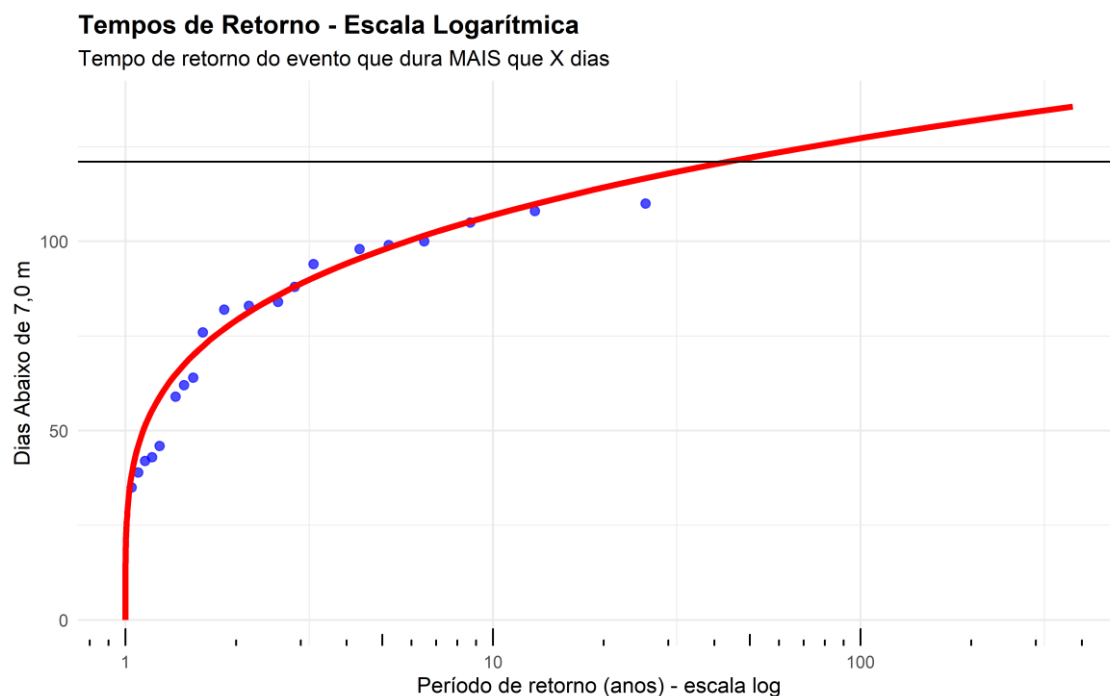


Figura 4.2: Período de retorno para a duração de eventos de estiagem, derivada da distribuição de Weibull ajustada.

4.2 Correlação com mínimas anuais

A Figura 4.3 apresenta uma análise de correlação entre os níveis mínimos anuais e a duração de eventos de estiagem (dias abaixo da cota de 7 m). O coeficiente de correlação de $R = -0.87$ e o p-value estatisticamente significativo ($< 0,05$) confirmam uma forte correlação negativa. Isso demonstra que, em anos onde o nível mínimo atingido é mais baixo, a duração do período de estiagem é proporcionalmente maior. Essa relação é esperada (quanto mais baixo o nível do rio, mais tempo ele leva para se recuperar), mas nem sempre há essa correlação significativa, por isso que foi realizada a verificação. Essa relação é importante para qualificar a gestão dos recursos hídricos, uma vez que não só o mínimo é importante, mas também o tempo em que alguma restrição de uso pode ser observada.

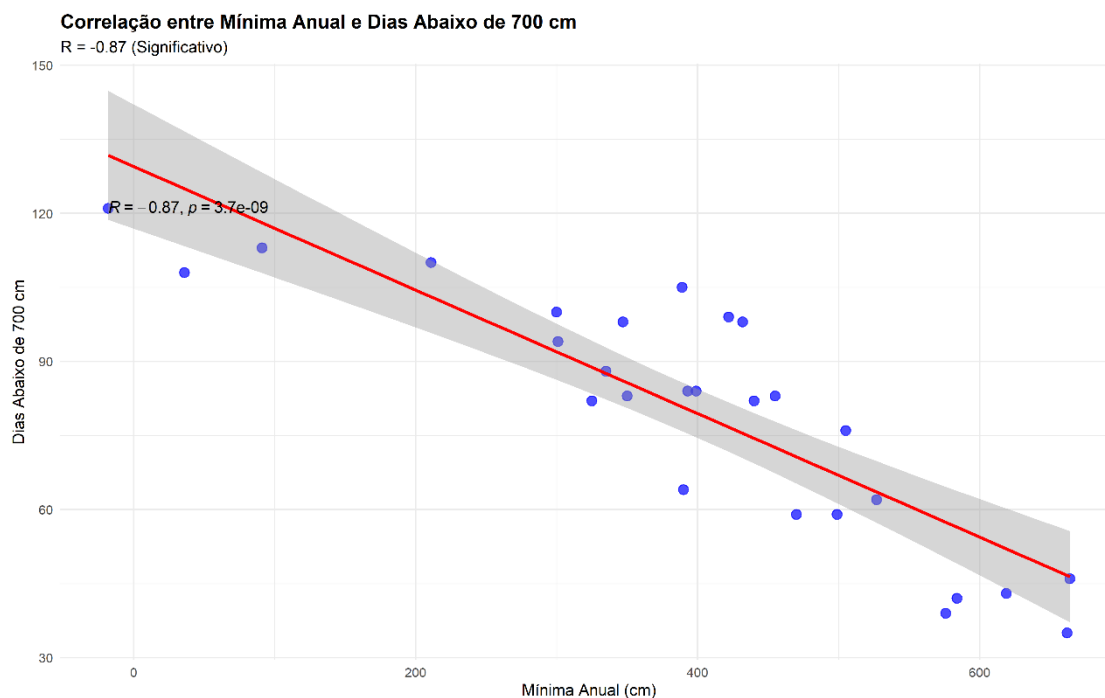


Figura 4.3: Análise de correlação entre os níveis mínimos anuais e o número de dias que o rio fica abaixo da cota de 7 m. A correlação significativa (p -valor $< 0,05$) indica que quanto mais baixo o nível que o rio atinge em um determinado ano, mais tempo ele permanece em níveis baixos.

5 PROGNÓSTICOS PARA 2025

5.1 Prognóstico por semelhança dos cotagramas

A Figura 5.1 apresenta a projeção de níveis do Rio Amazonas para o ano de 2025, a partir do nível atual de 1077 cm em 15/09/2025. A análise, baseada em cenários históricos, considera duas projeções distintas para a cota mínima, que deverá ser alcançada no início de novembro.

O primeiro cenário, representado pela linha azul, considera o comportamento de anos com tendências semelhantes à de 2025 e projeta uma cota mínima de 515 cm. O segundo cenário, indicado pela linha roxa, baseia-se em anos que registraram as maiores descidas históricas e projeta uma cota mínima de 410 cm. Em ambos os cenários as áreas sombreadas representam as incertezas das previsões, sendo a área rosada referente à incerteza associada ao cenário de maiores descidas e a área azulada referente à incerteza associada ao cenário de anos semelhantes ao atual; essas áreas representam a variação provável dos níveis em torno das projeções centrais.

Ressalte-se que, no cenário mais provável, o rio atinge a cota de aproximadamente 5 m. Caso esse cenário se confirme, caracterizaríamos uma seca acima da normalidade, uma vez que a média dos níveis mínimos anuais nesse trecho é de 3,92 m (ver Figura 3.2). Por outro lado, em um cenário hipotético mais severo — com descidas pronunciadas a partir da presente data, anomalias aceleradas em setembro e outubro e um atraso no início da estação chuvosa —, o rio poderia se aproximar da cota de 410 cm. Embora não existam projeções que sustentem essa hipótese, tornando-a pouco plausível, é importante notar que mesmo esse piso projetado se situaria dentro da normalidade, conforme a Figura 3.2.

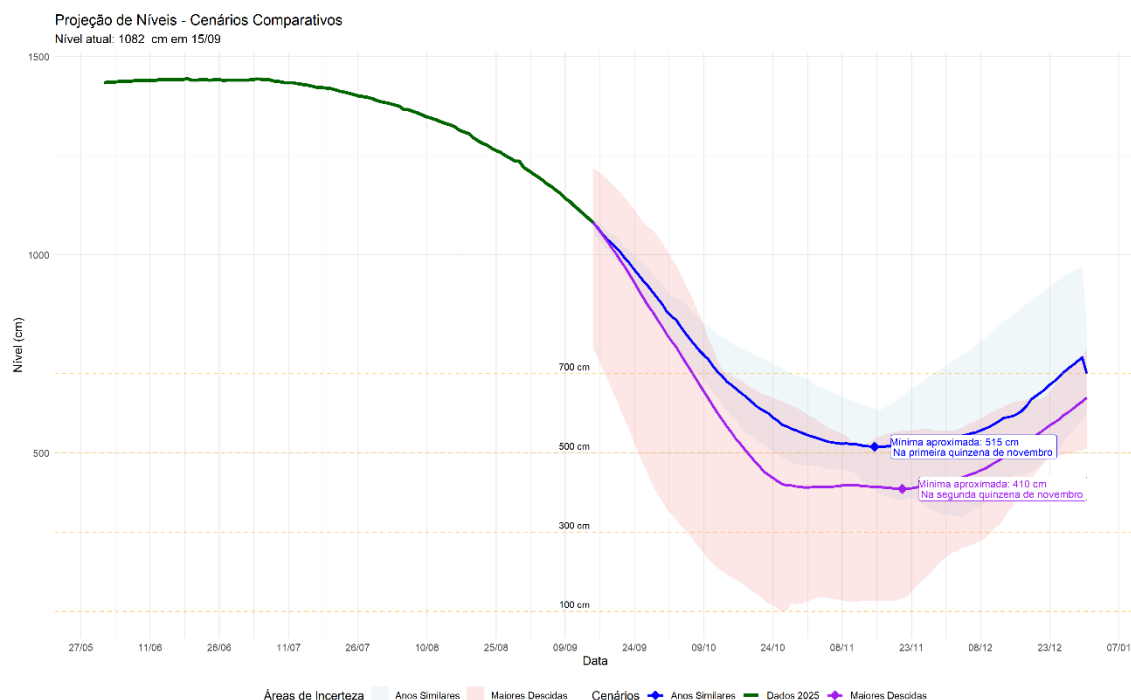


Figura 5.1: Projeção comparativa do nível d'água em Itacoatiara a partir de 15/09/2025 - Simulação do comportamento futuro do nível (em cm) com base no patamar atual de 2490 cm. Apresenta a projeção derivada de anos históricos similares (Anos Similares) e o cenário de maiores descidas registradas (Maiores Descidas). As faixas sombreadas representam os envelopes de incerteza das projeções.

5.2 Prognóstico por Teleconexões Climáticas

Uma última avaliação nesta Nota Técnica é a análise de teleconexão climática, em especial, com o fenômeno El Niño. É de amplo conhecimento na região que anos de El Niño, como por exemplo, caracterizou os anos de 2023 e 2024 tendem a produzir secas na região amazônica. Por outro lado, uma La Niña, como por exemplo observada em 2021, tende a provocar cheias acima das normais. Para realizar essa análise, portanto, foram obtidos dados do índice ENSO3.4, utilizado para caracterizar os fenômenos El Niño e La Niña. Esses dados são apresentados na Figura 5.2.

A linha preta do gráfico da Figura 5.2 mostra a variação mensal do índice ENSO (El Niño-Oscilação Sul), que é a anomalia de temperatura da superfície do mar na região NINO 3.4 no Pacífico Central. Destacam-se, com bandas vermelhas, os eventos de El Niño e, com bandas azuis, os eventos de La Niña, identificados quando as anomalias persistem por pelo menos três meses consecutivos acima dos limiares de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. A alternância entre El Niño e La Niña introduz uma significativa variabilidade nos regimes hidrológicos e nos níveis dos rios da região. Considerando que o ENSO atualmente se encontra em fase neutra, as projeções sazonais de níveis que incorporam essa variável tendem a indicar condições próximas à média histórica, com menores desvios em relação à normalidade. Cabe destacar que as secas severas observadas em 2023 e 2024 ocorreram durante um evento forte de El Niño, classificado como o quinto mais intenso do histórico desde a década de 1970.

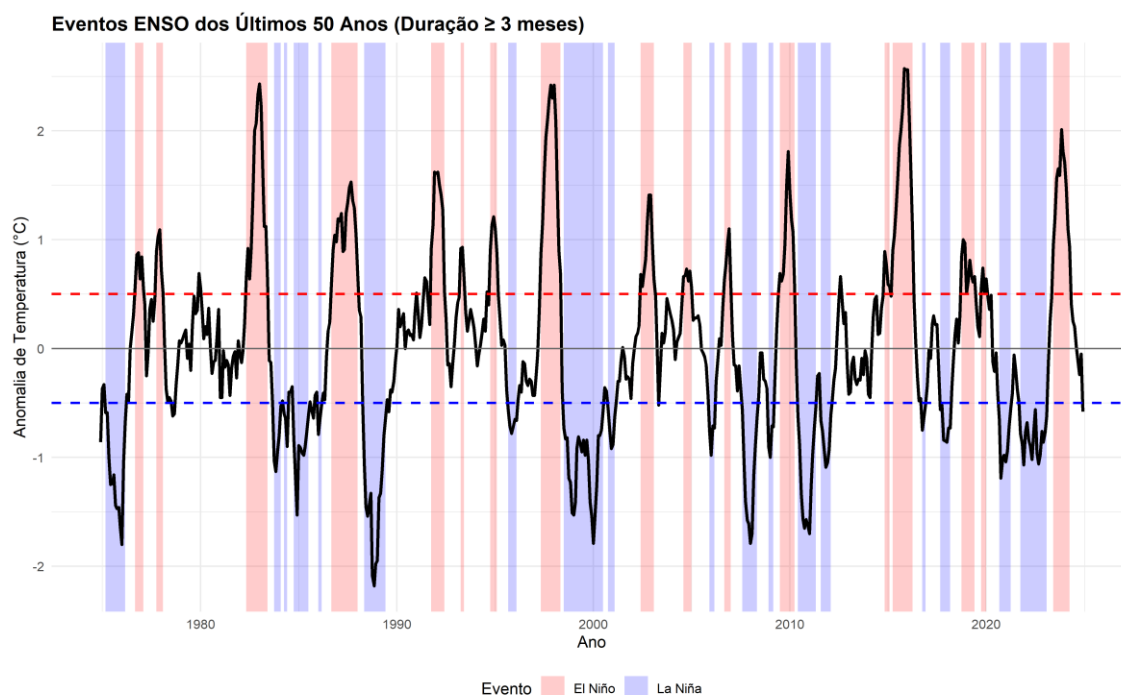


Figura 5.2: Evolução temporal do índice ENSO (El Niño-Oscilação Sul) no período 1974-2024. O gráfico apresenta a anomalia de temperatura da superfície do mar na região NINO3.4 do Pacífico Central. As bandas coloridas destacam os eventos de El Niño (vermelho) e La Niña (azul) que persistiram por pelo menos 3 meses consecutivos acima dos limiares de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. A linha preta contínua mostra a variação mensal do índice. Ressalte-se que o período atual apresenta uma situação de neutralidade.

Além do fenômeno El Niño, é comum avaliar também a série temporal da Oscilação Decadal do Pacífico (PDO). Ela indica a anomalia de temperatura do Oceano Pacífico Norte e entende-se que a PDO tem potencial para modular a intensidade dos eventos de ENSO: em anos de PDO aquecido, os efeitos de um potencial El Niño ficam exacerbados e em anos de PDO frio, os efeitos de um potencial evento de La Niña ficam mais intensos. A Figura 5.3 apresenta esses dados, e demonstra a alternância entre as fases positiva (PDO+), em bandas laranjas, e negativa (PDO-), em bandas roxas. Em escala decadal, essa oscilação exibe caráter persistente, permanecendo em uma mesma fase por longos períodos. Por exemplo, entre 2006 e o presente, verifica-se uma predominância de anomalias negativas, interrompida apenas entre 2014 e 2017. Atualmente, a PDO encontra-se em fase negativa, com temperaturas consistentemente inferiores à média.

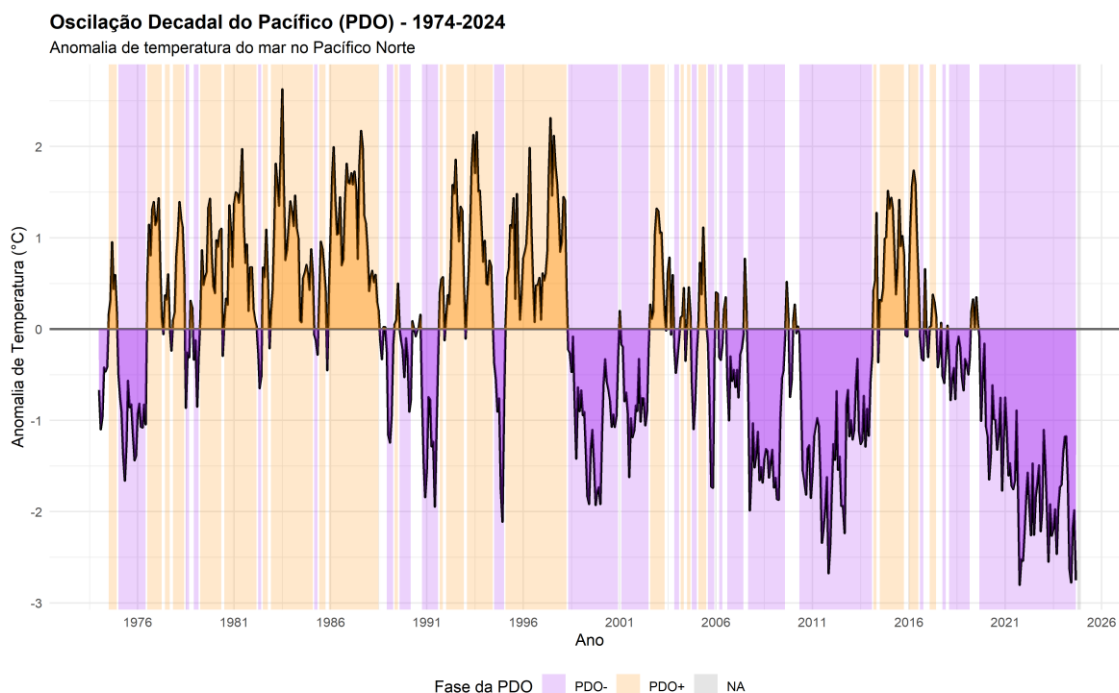


Figura 5.3: Série temporal da Oscilação Decadal do Pacífico (PDO) no período 1974-2024. O gráfico mostra a anomalia de temperatura da superfície do mar no Pacífico Norte, representando as fases positiva (PDO+) e negativa (PDO-) da oscilação. As bandas laranja indicam fases quentes (PDO+), enquanto as bandas roxas representam fases frias (PDO-). Ressalte-se que o período atual apresenta uma situação de PDO negativo.

Para analisar a correlação entre os índices climáticos de dezembro do ano anterior e os níveis mínimos anuais do Rio Amazonas em Itacoatiara no ano seguinte foi construída a Figura 5.4. Apesar das correlações entre o El Niño e as secas mais severas na Amazônia, e entre a La Niña e as cheias mais severas na Amazônia, a análise por meio do gráfico do Niño 3.4 (a) para a área de estudo demonstrou uma correlação negativa não significativa entre o índice Niño 3.4 e a cota mínima anual (com $R = -0,21$; $p\text{-value} = 0,29$). Resultado semelhante foi observado na análise com o índice da PDO (b), o qual não apresentou uma correlação estatisticamente significativa ($R = 0,24$; $p\text{-value} = 0,23$). Os resultados indicam que, para o período avaliado, nenhuma dessas oscilações climáticas é um bom preditor da vazante na região em questão, embora a falta de correlação estatisticamente significativa possa ocorrer devido a série analisada ter apenas 27 anos de dados.

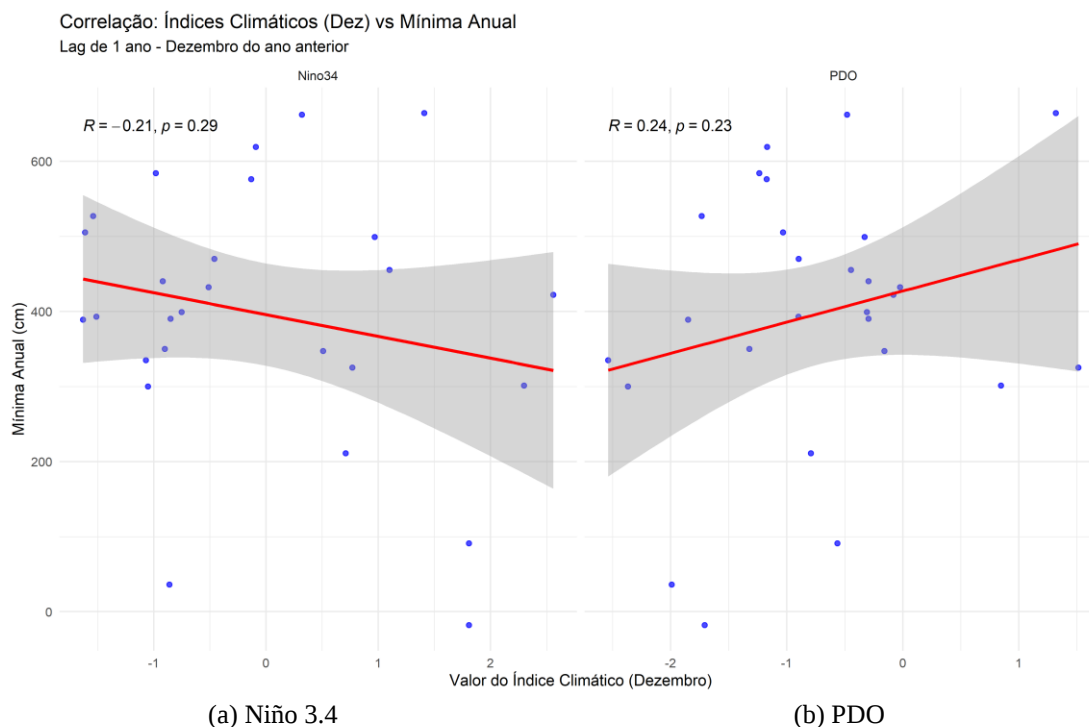


Figura 5.4: Correlação linear entre os índices climáticos do mês de dezembro do ano anterior e o nível mínimo anual observado na estação de Itacoatiara. O índice Niño 3.4 (a) mostra uma correlação negativa moderadamente significativa ($R = -0,21$; $p = 0,29$) com a vazante do ano seguinte, enquanto a PDO (b) não apresentou uma correlação significativa ($R = 0,24$; $p = 0,23$) para o mesmo período.

Ao realizar a mesma análise, porém para a relação entre esses índices e a duração de eventos de estiagem (dias abaixo de 7 m) foi obtida a Figura 5.5. O gráfico da esquerda (Niño 3.4 – a) demonstra uma correlação positiva e não significativa entre o índice Niño 3.4 e a duração da seca ($R=0,3$; $p\text{-value}=0,13$). O mesmo ocorreu na análise com o índice da PDO, o qual, também, não demonstrou uma correlação estatisticamente significativa ($R= -0,14$; $p\text{-value} =0,48$). Isso reforça que estas oscilações climáticas de longo prazo não atuam como um preditor confiável para a duração das vazantes na estação de Itacoatiara. Embora, como destacado anteriormente, a análise possa ter sido afetada pela duração da série histórica.

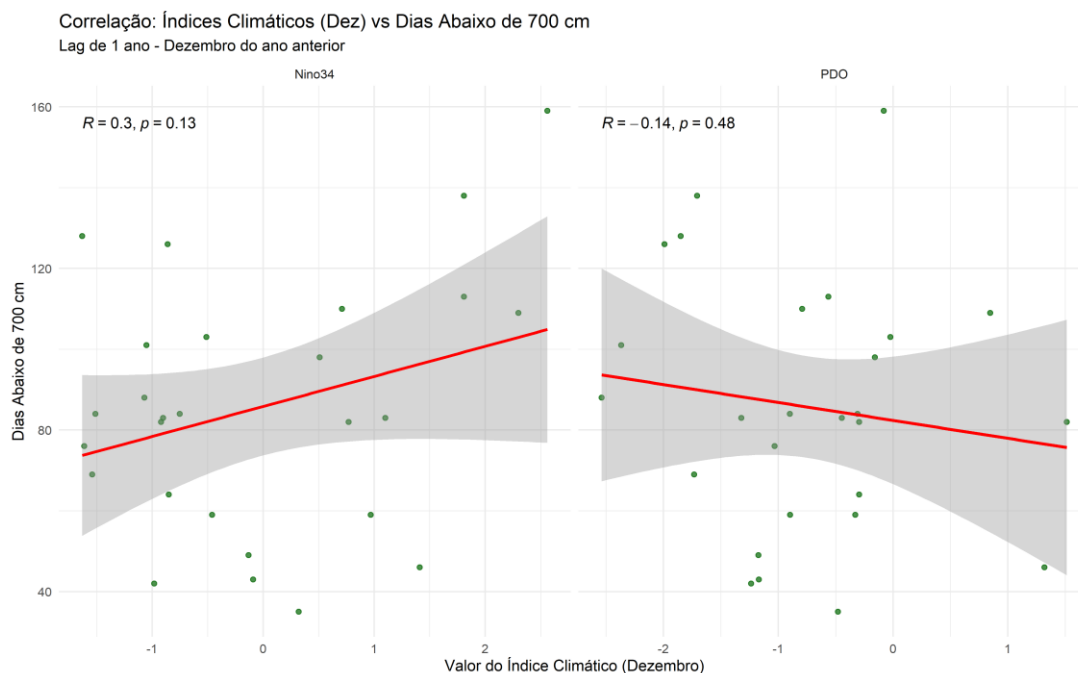


Figura 5.5: Correlação entre os índices climáticos de dezembro do ano anterior e a duração dos eventos de baixa vazão na estação de Itacoatiara. Índice Niño 3.4 (a): correlação positiva significativa ($R = 0,3$; $p = 0,13$); Índice PDO (b): sem correlação significativa ($R = -0,14$; $p = 0,48$).

6 COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS

A Tabela 6.1 consolida as projeções para a vazante de 2025 obtidas por dois métodos independentes: análise por semelhança de cotagramas e a previsão por teleconexões climáticas; com os valores dos respectivos intervalos de confiança entre parênteses.

Tabela 6.1: Síntese dos cenários futuros para a estação de Itacoatiara em 2025

Método	Mínima prevista (cm)	Dias abaixo de 20 (m)
Anos similares	515 (339 - 609)	76
Maiores descidas	410 (101 - 521)	86
Teleconexões climáticas*	413 (338 - 487)	82 (68 - 95)

A análise comparativa revela convergência entre o cenário de Maiores Descidas, Anos Similares e o prognóstico baseado em teleconexões climáticas. Todos os métodos indicam uma vazante para 2025 cujos intervalos de confiança se interceptam. Ou seja, além da proximidade dos valores previstos, existe uma grande coerência estatística das previsões.

Com relação aos dias abaixo da cota de referência de 7 metros, esse período deve se situar entre 76 e 86 dias abaixo da cota de referência de 7 m. Comparando-se com o ajuste apresentado na Figura 4.2, essa duração tem um período de recorrência baixo, em torno de 2 anos. Ou seja, é um evento bastante comum quando comparado com a referência histórica. A neutralidade do ENSO no período anterior favorece a não ocorrência de extremos, tendendo a um comportamento mais próximo da média histórica.

Diante disso, o cenário mais provável para a vazante de 2025 aponta para uma seca de intensidade moderada, com níveis mínimos previstos entre 410 e 515 cm e um período de estiagem (abaixo da cota de referência de 7 m) de aproximadamente 76 a 86 dias.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise da série histórica (1997-2024) confirma que há uma tendência de agravamento das secas na estação de Itacoatiara ao longo dos anos, com as mínimas anuais decaindo a uma taxa de -7,03 cm/ano, a qual não é estatisticamente significativa, porém, a baixa relação estatística pode ter relação com o tamanho mais curto da série, haja vista que em diversos pontos da bacia amazônica, a redução dos mínimos anuais vem sendo observada. Além disso, foi identificada uma forte correlação negativa estatisticamente significativa ($R = -0,87$; $p\text{-value} \ll 0,05$) entre a cota mínima anual e a duração dos eventos de estiagem, demonstrando que anos com níveis mais baixos estão associados a períodos de seca mais longos.

Quanto aos fatores climáticos de influência, os fenômenos ENSO e PDO mostraram-se pouco robustos como preditores climáticos para a hidrologia local, uma vez que não apresentaram correlações significativas com os extremos hidrológicos na estação de Itacoatiara. Embora, como reforçado anteriormente, a baixa relação estatística pode ter sido consequência do tamanho reduzido da série hidrológica da estação.

Diante deste contexto, os prognósticos para 2025, gerados por métodos independentes, convergem para um cenário de seca fraca, com cota mínima projetada em aproximadamente 4,5 m e duração da estiagem podendo se estender por até 86 dias.