

idp

idm

MESTRADO PROFISSIONAL

EM ECONOMIA

**IMPACTO DA SECA NO RISCO DE CRÉDITO DE
HIDRELÉTRICAS DA BACIA AMAZÔNICA**

CLÁUDIO DA SILVA CÂMARA

Brasília-DF, 2025

CLÁUDIO DA SILVA CÂMARA

**IMPACTO DA SECA NO RISCO DE CRÉDITO DE
HIDRELÉTRICAS DA BACIA AMAZÔNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Economia, do Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador

Professor Doutor Sérgio Ricardo de Brito Gadelha.

Brasília-DF 2025

CLÁUDIO DA SILVA CÂMARA

IMPACTO DA SECA NO RISCO DE CRÉDITO DE HIDRELÉTRICAS DA BACIA AMAZÔNICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Economia, do Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Aprovado em 12 / 10 / 2025

Banca Examinadora

Prof. Dr. Sérgio Ricardo de Brito Gadelha - Orientador

Prof. Dr. Alexandre Xavier Ywata de Carvalho

Prof. Dr. Geraldo Sandoval Góes

Código de catalogação na publicação – CIP

C173i Câmara, Cláudio da Silva
Impacto da seca no risco de crédito de hidrelétricas na Bacia Amazônica / Cláudio da Silva Câmara. — Brasília: Instituto Brasileiro Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa, 2025.

58 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Ricardo de Brito Gadelha

Dissertação (Mestrado Profissional em Economia, Políticas Públicas e Desenvolvimento) — Instituto Brasileiro Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa – IDP, 2025.

1. Energia hidrelétrica - Brasil. 2. Secas - Brasil, Norte. 3. Risco financeiro - Brasil. 4. Análise de crédito - Brasil. I.Título

CDD 332.7

Elaborada por Natália Bianca Mascarenhas Puricelli – CRB 1/3439

RESUMO

Esta dissertação investiga como a intensificação das secas na Bacia Amazônica afeta simultaneamente a geração hidrelétrica e o risco de crédito das concessionárias que nela operam, integrando dimensões climáticas, hidrológicas e financeiras em um mesmo arcabouço analítico. O estudo desenvolve um modelo econométrico, fundamentado nas metodologias ARDL e VECM, aplicado a séries mensais (2016–2025) das usinas Santo Antônio Energia (SA) e Belo Monte (BM). A análise combina testes de cointegração, funções impulso-resposta (IRFs) e simulações de estresse climático, que avaliam o impacto de choques de temperatura, precipitação, queimadas e vazão sobre a geração elétrica e a receita de vendas. Na Fase 1, os modelos de séries temporais revelam forte sensibilidade da produção de energia às variações hidrológicas e térmicas, confirmando que o aumento da temperatura e a redução das vazões estão entre os fatores mais críticos para a estabilidade da geração. Na Fase 2, os resultados foram integrados às demonstrações financeiras das empresas, permitindo estimar elasticidades entre geração e receita e calcular o indicador Revenue-at-Risk (RaR10), que mensura o risco financeiro associado a uma queda de 10% na produção. Os achados evidenciam resiliência operacional em Santo Antônio, sustentada por maior flexibilidade contratual, e vulnerabilidade ampliada em Belo Monte, cuja dependência física da vazão se traduz em maior exposição financeira. Os resultados empíricos demonstram que o risco climático não se limita a um fenômeno ambiental, mas constitui um determinante mensurável do risco financeiro e de crédito no setor hidrelétrico. A abordagem proposta — que alia rigor econométrico, testes de robustez e simulações de estresse — contribui para a incorporação do risco climático físico à análise de solvência corporativa, em consonância com as diretrizes do Network for Greening the Financial System (NGFS) e do Banco Central do Brasil. A dissertação oferece, assim, um referencial metodológico replicável para estudos de finanças sustentáveis e políticas de mitigação, reforçando a necessidade de planejamento energético resiliente e de governança financeira compatível com os desafios climáticos do século XXI.

Palavras-chave: Seca Amazônica; Energia Hidrelétrica; Risco Climático; Risco de Crédito; Testes de Estresse Climático.

ABSTRACT

This dissertation explores how the intensification of drought events in the Amazon Basin affects both hydropower generation and corporate credit risk, by integrating climatic, hydrological, and financial dimensions into a unified analytical framework. The study develops an innovative econometric approach based on ARDL and VECM models, applied to monthly data (2016–2025) for the Santo Antônio Energia (SA) and Belo Monte (BM) hydroelectric plants. The analysis combines cointegration tests, impulse-response functions (IRFs), and climate stress testing, simulating the effects of temperature increases, rainfall reductions, wildfires, and river flow variations on electricity generation and operational revenue. In Phase 1, time-series modeling reveals strong sensitivity of hydropower generation to hydrological and thermal changes, confirming that rising temperatures and declining river flows are among the most critical factors for operational stability. In Phase 2, energy data were integrated with firms' financial statements to estimate the elasticities between generation and revenue, culminating in the construction of the Revenue-at-Risk indicator (RaR10), which quantifies the financial risk associated with a 10% drop in energy output. The findings highlight greater resilience in Santo Antônio, supported by contractual flexibility, and higher vulnerability in Belo Monte, whose dependence on river discharge translates into increased financial exposure. The empirical results demonstrate that climate risk is not merely an environmental concern but a quantifiable driver of financial and credit risk in the hydropower sector. The proposed framework — combining econometric rigor, robustness tests, and stress simulations — advances the integration of physical climate risk into corporate credit assessments, in line with the guidelines of the Network for Greening the Financial System (NGFS) and the Central Bank of Brazil. By bridging the gap between energy economics and sustainable finance, this research contributes to the design of climate-resilient energy planning and prudential financial governance compatible with the challenges of the twenty-first century.

Keywords: Amazon Drought; Hydropower; Climate Risk; Credit Risk; Climate Stress Testing.

Classificação JEL: Q40, Q41, Q47.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
BM	Usina Belo Monte
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
FAB	Força Aérea Brasileira
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
SA	Usina Santo Antônio Energia
SIN	Sistema Interligado Nacional

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Tabela Variáveis Usina AS	27
Tabela 2 Tabela Variáveis Usina BM	28
Tabela 3 Teste Johansen Usina AS	36
Tabela 4 Teste Johansen Usina BM	36
Tabela 5 Teste Causalidade Granger Usina AS	39
Tabela 6 Teste Bounds Usina AS	40
Tabela 7 Teste Bounds Usina BM	40
Tabela 8 Elasticidade Curto Prazo Usina AS	41
Tabela 9 Elasticidade Longo Prazo Usina BM	41
Tabela 10 Teste Causalidade Granger Usina BM	44
Tabela 11 Elasticidade Curto Prazo Usina BM	45
Tabela 12 Elasticidade Longo Prazo Usina AS	46
Tabela 13 Receita Líquida Base x Receita Líquida Estressada Usinas	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	13
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	15
1.3 HIPÓTESES DA PESQUISA.....	15
1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	16
1.4.1 OBJETIVO GERAL.....	17
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5 DELIMITAÇÃO DO ESCOPO DO ESTUDO.....	17
1.5.1 EXPOSIÇÃO REDUZIDA AO GSF – CONTEXTO E IMPLICAÇÕES.....	18
1.6 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA: RELEVÂNCIA.....	19
1.7 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO.....	20
1.8 REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
1.8.1 LITERATURA INTERNACIONAL.....	20
1.8.2 LITERATURA NACIONAL.....	21
1.8.3 CONTRIBUIÇÃO À LITERATURA.....	23

2. METODOLOGIA 25

2.1 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS E TRATAMENTO DOS DADOS.....	25
2.1.1 TABELA DE VARIÁVEIS.....	26
2.1.2 RISCOS E CONSIDERAÇÕES NA MENSALIZAÇÃO DE SÉRIES TRIMESTRAIS: JUSTIFICATIVA E ACEITABILIDADE.....	28
2.2 ESTRATÉGIA EMPÍRICA.....	29

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 32

3.1 TESTES DE RAIZ UNITÁRIA.....	33
3.1.1 TESTES SEM QUEBRA ESTRUTURAL – ADF E KPSS.....	33
3.1.2 TESTES COM QUEBRA ESTRUTURAL – BAI-PERRON E PERRON-YABU.....	34
3.2 QUEBRAS ESTRUTURAIS E EVENTOS CLIMÁTICOS.....	35
3.3 TESTE DE COINTEGRAÇÃO DE JOHANSEN.....	36
3.4 SELEÇÃO DE MODELOS E PRINCIPAIS DETERMINANTES.....	37
3.4.1 RESULTADOS PARA A USINA SANTO ANTÔNIO ENERGIA (SA).....	38
3.4.1.1 MODELO VECM: COEFICIENTES, IRFS E CAUSALIDADE.....	38

SUMÁRIO

3.4.1.2 MODELO ARDL E TESTE DE BOUNDS	39
3.4.1.3 ELASTICIDADES E DIAGNÓSTICOS – USINA SA	41
3.4.1.4 TESTES DE ESTRESSE – USINA SANTO ANTÔNIO (SA)	42
3.4.2 RESULTADOS PARA A USINA BELO MONTE (BM)	43
3.4.2.1 MODELO VECM: COEFICIENTES, IRFS E CAUSALIDADE.....	43
3.4.2.2 MODELO ARDL E TESTE DE BOUNDS – USINA BM.....	45
3.4.2.3 ELASTICIDADES E DIAGNÓSTICOS – USINA BM.....	45
3.4.2.4 TESTES DE ESTRESSE – USINA BELO MONTE (BM)	46
3.4.3 COMPARAÇÃO ENTRE USINAS SANTO ANTÔNIO (SA) E BELO MONTE (BM).....	47
4. IMPACTO DE CHOQUES DE ENERGIA SOBRE RECEITA E RISCO DE CRÉDITO EM USINAS HIDRELÉTRICAS DA BACIA AMAZÔNICA	50
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E OBJETIVO DA ANÁLISE	50
4.2 MODELO DE ELASTICIDADE RECEITA-GERAÇÃO E PREPARAÇÃO DOS DADOS	50
4.3 PRINCIPAIS RESULTADOS.....	51
4.3.1 ELASTICIDADES ESTIMADAS E COMPORTAMENTO DIFERENCIADO DAS USINAS.....	51
4.3.2 RESULTADOS SOB CENÁRIOS DE ESTRESSE E IMPACTO NA RECEITA LÍQUIDA	51
4.3.3 INDICADOR DE RISCO DE CRÉDITO CLIMÁTICO-OPERACIONAL (RAR10).....	52
4.4 INTERPRETAÇÃO E IMPLICAÇÕES	52
4.5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	53
4.6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	53
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	56
5.1 SÍNTESE DOS PRINCIPAIS ACHADOS.....	56
5.2 HETEROGENEIDADE ENTRE USINAS E RISCO DE CRÉDITO.....	57
5.3 IMPLICAÇÕES DE POLÍTICA E DE REGULAÇÃO	58
5.3.1 INTEGRAÇÃO COM O ACORDO DE BASILEIA E SUPERVISÃO PRUDENCIAL CLIMÁTICA.....	58
5.4 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS PARA EMPRESAS E INSTITUIÇÕES FINANCEIRAS.....	59

SUMÁRIO

5.5 AGENDA DE PESQUISA FUTURA.....59

5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 60

REFERÊNCIAS.....62

APÊNDICES..... 68



1

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A matriz elétrica brasileira é historicamente caracterizada pela predominância da geração hidrelétrica, responsável por mais de 60% da capacidade instalada do país (EPE, 2025). Essa configuração, consolidada desde o século XX como expressão da abundância hídrica nacional, também constitui uma fonte estrutural de vulnerabilidade frente à intensificação das mudanças climáticas e das secas prolongadas (ANA, 2002; IPCC, 2021). A expansão da fronteira energética sobre a Amazônia, observada nas últimas décadas, aprofundou essa dependência: grandes empreendimentos, como Santo Antônio Energia (SA) e Belo Monte (BM), foram implantados em bacias com alta sensibilidade hidrológica e crescente instabilidade climática (EPE, 2006; MARRENGO; COSTA, 2023).

Os ciclos recentes de estiagem na Amazônia, notadamente os de 2005, 2010, 2016 e 2023, revelaram a magnitude dos impactos das anomalias hidro meteorológicas sobre a produção hidrelétrica e o balanço energético nacional (ESPINOZA et al., 2016; WWA, 2024). Tais eventos decorrem de um conjunto de fatores interligados — aumento da temperatura média, redução da precipitação acumulada, alteração na circulação atmosférica e degradação florestal — que modificam os fluxos de evapotranspiração e recarga fluvial (IPCC, 2022; FAO, 2021). A redução das vazões compromete diretamente a geração de energia e desencadeia efeitos econômicos, como aumento do custo marginal de operação do sistema elétrico e necessidade de acionamento de termelétricas, elevando tarifas e pressões inflacionárias (IEA, 2021; KOTZ et al., 2022).

Esse contexto de vulnerabilidade hídrica projeta consequências relevantes não apenas para a segurança energética, mas também para a estabilidade financeira das concessionárias e geradoras de energia. A exposição direta aos riscos físicos do clima — como secas, cheias e variações térmicas — afeta a capacidade de geração, a receita operacional e, conseqüentemente, os indicadores de crédito e solvência das empresas (HAMILTON et al., 2020; SANT'ANNA, 2023). Tais

efeitos vêm sendo incorporados de forma crescente às agendas regulatórias e financeiras, refletindo a convergência entre as dimensões ambiental, econômica e prudencial da gestão de riscos (BATTISTON et al., 2016; NGFS, 2022).

Nos últimos anos, o Banco Central do Brasil (BCB, 2023) e o *Network for Greening the Financial System* (NGFS, 2022) passaram a recomendar a integração do risco climático aos testes de estresse financeiros e às análises de crédito setoriais. Essas diretrizes reconhecem que o setor elétrico brasileiro, particularmente o hidrelétrico, é um dos mais suscetíveis a eventos climáticos extremos, dada a concentração geográfica da geração em bacias sujeitas à variabilidade hidrológica (DENARO et al., 2022). Nesse sentido, a avaliação do risco de crédito hidrelétrico sob a ótica climática representa não apenas um avanço metodológico, mas também uma exigência de governança financeira e de sustentabilidade institucional.

A literatura nacional e internacional sobre o tema aponta uma lacuna relevante: embora se reconheça a correlação entre escassez hídrica e risco econômico, são escassos os estudos que quantificam empiricamente o impacto direto das secas sobre variáveis financeiras de usinas específicas, especialmente na Amazônia (ESPINOZA et al., 2024; SANT'ANNA, 2023). O presente estudo busca preencher essa lacuna ao propor uma abordagem econométrica capaz de mensurar, de forma integrada, a relação entre variáveis climáticas, ambiental, hidrológica, geração de energia e risco de crédito. Tal abordagem oferece subsídios para a formulação de estratégias de resiliência empresarial, aperfeiçoamento da regulação prudencial e aprimoramento das políticas de mitigação de risco climático no setor elétrico.

Dessa forma, a pesquisa insere-se em um campo interdisciplinar emergente — o da economia do risco climático — e assume relevância prática e social ao evidenciar que a vulnerabilidade hidrológica da Amazônia tem implicações diretas sobre a segurança energética e a estabilidade financeira nacional. O problema de pesquisa, portanto, não é apenas técnico, mas estratégico: compreender e quantificar como choques climáticos afetam o desempenho financeiro das hidrelétricas é condição necessária para sustentar uma transição energética segura, resiliente e compatível com os desafios do século XXI.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A crescente variabilidade climática na Bacia Amazônica tem provocado alterações significativas nos regimes hidrológicos, afetando a produção de energia elétrica e, por consequência, a estabilidade financeira das empresas do setor hidrelétrico (MARRENGO; COSTA, 2023; IPCC, 2022). Secas severas e eventos extremos têm reduzido vazões, comprometido a geração e exigido o acionamento de fontes térmicas mais onerosas, elevando custos e pressionando a rentabilidade das concessionárias (EPE, 2025; WWA, 2024).

Esses choques hidrológicos não afetam de forma homogênea todas as usinas. Enquanto algumas demonstram capacidade de compensar perdas físicas com ajustes contratuais ou aumento do preço médio de venda, outras exibem vulnerabilidade ampliada, refletida em queda de receita e aumento do risco de crédito. Tal assimetria evidencia uma lacuna analítica: em que medida e de que forma os choques climáticos se traduzem em efeitos econômicos e financeiros distintos entre usinas hidrelétricas localizadas na Amazônia?

Essa questão reflete tanto a necessidade científica de compreender os mecanismos de transmissão entre risco climático e risco financeiro, quanto a demanda prática por métricas que subsidiem a gestão e a regulação prudencial do setor elétrico brasileiro.

1.3 HIPÓTESES DA PESQUISA

As hipóteses formuladas nesta pesquisa buscam antecipar, de forma provisória, as relações esperadas entre as variáveis climáticas, hidrológicas e financeiras que caracterizam o funcionamento das hidrelétricas amazônicas. No presente estudo, essas proposições decorrem do problema de pesquisa formulado — compreender como choques climáticos afetam a geração de energia e o risco de crédito de usinas hidrelétricas na Bacia Amazônica.

Parte-se do pressuposto de que o aumento da frequência e intensidade das secas na região, associado ao aquecimento global e à variabilidade climática interanual, provoca impactos diretos sobre a produção hidrelétrica, alterando a estabilidade de receitas e a solvência financeira das concessionárias. As hipóteses foram formuladas de

modo a permitir sua testagem por métodos econométricos robustos e por simulações de estresse climático.

Hipótese principal (H_1):

Choques climáticos negativos — como secas e reduções de vazão — exercem impacto estatisticamente significativo sobre a geração de energia e sobre as receitas das hidrelétricas da Bacia Amazônica, afetando seu risco de crédito.

Hipóteses complementares:

- a) **H_2 : Os efeitos dos choques hidrológicos sobre a geração de energia e a receita variam entre usinas, em função de diferenças estruturais, contratuais e locacionais.**
- b) **H_3 : A elasticidade entre geração e receita é negativa em contextos de rigidez contratual e compensação tarifária, e positiva em contextos de maior exposição física e dependência do volume gerado.**
- c) **H_4 : A inclusão de variáveis climáticas, ambiental e hidrológica (temperatura, vazão, precipitação e queimadas) melhora o poder explicativo dos modelos econométricos, evidenciando o papel do risco climático como determinante econômico-financeiro.**
- d) **H_5 : Testes de estresse climático simulando reduções de 10% na geração energética produzem quedas significativas na Receita de Vendas e elevação no indicador de risco de crédito das usinas mais vulneráveis.**

Essas hipóteses refletem a expectativa de que o risco climático na Amazônia não se manifesta apenas como problema ambiental, mas como fator econômico e financeiro mensurável, capaz de afetar diretamente a estabilidade de empresas e de sistemas de crédito associados ao setor elétrico.

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

Retomando a questão central — como os choques climáticos impactam a geração de energia e o risco de crédito das hidrelétricas da Bacia Amazônica —, os objetivos da pesquisa foram definidos de forma a traduzir essa problemática em metas operacionais claras e mensuráveis.

1.4.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o impacto dos eventos de seca sobre a geração de energia e o risco de crédito de hidrelétricas localizadas na Bacia Amazônica, com foco nas usinas Santo Antônio Energia (SA) e Belo Monte (BM).

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. **Mensurar a relação estatística entre variáveis climáticas, ambiental e hidrológica (temperatura, vazão, precipitação e queimadas) e a geração de energia elétrica nas usinas selecionadas, identificando padrões de sensibilidade hidrológica.**
2. **Avaliar os efeitos das variações na geração de energia sobre as receitas de vendas e o desempenho financeiro das hidrelétricas, utilizando modelos econométricos dinâmicos (ARDL, VECM, VAR).**
3. **Aplicar testes de estresse climático para simular cenários de seca severa e quantificar os impactos sobre a receita e o indicador de risco de crédito (RaR10).**
4. **Comparar o grau de vulnerabilidade e resiliência entre as usinas Santo Antônio e Belo Monte, considerando suas particularidades hidrológicas, contratuais e geográficas.**
5. **Propor implicações práticas e regulatórias para a gestão do risco climático-financeiro no setor hidrelétrico, em conformidade com diretrizes de sustentabilidade e prudência financeira.**

1.5 DELIMITAÇÃO DO ESCOPO DO ESTUDO

O presente estudo delimita-se à análise dos impactos de choques climáticos — notadamente secas — sobre a geração de energia e o risco de crédito de apenas duas usinas hidrelétricas da Bacia Amazônica: Santo Antônio Energia (SA), localizada no rio Madeira, e Belo Monte (BM), situada no rio Xingu. A escolha dessas usinas justifica-se por sua representatividade na matriz elétrica brasileira e pela relevância da respectiva bacia na dinâmica hidrológica regional.

O recorte temporal compreende o período de abril de 2016 a janeiro de 2025, intervalo que abrange episódios de seca severa e

variações climáticas relevantes observadas na Amazônia. O estudo utiliza dados mensais provenientes de fontes oficiais — ANA, ONS, INPE, FAB e relatórios financeiros das concessionárias —, com foco em variáveis de natureza climática e ambiental (temperatura, precipitação, queimadas), hidrológica (vazão turbinada) e econômico-financeira (energia gerada, receita de vendas e receita líquida).

Metodologicamente, o escopo concentra-se na aplicação de modelos econométricos de séries temporais (ARDL e VECM) e testes de estresse climático, sem pretensão de desenvolver modelos hidrodinâmicos, simulações hidrológicas espaciais ou análises microcontratuais. Assim, o estudo aborda onexo clima–energia–finanças em nível macroeconômico e corporativo, sem avançar em avaliações de engenharia hidráulica, estrutura tarifária detalhada ou política energética nacional.

Não se pretende, portanto, avaliar o conjunto completo das usinas da região Norte, tampouco construir cenários climáticos preditivos. O objetivo é identificar relações empíricas verificáveis e mensurar os efeitos de choques plausíveis sobre as receitas e o risco de crédito das duas hidrelétricas selecionadas, oferecendo evidências quantitativas que contribuam para a gestão do risco climático e para o aprimoramento das práticas prudenciais no setor elétrico brasileiro.

1.5.1 EXPOSIÇÃO REDUZIDA AO GSF – CONTEXTO E IMPLICAÇÕES

A Norte Energia S.A., concessionária da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, participa do Mecanismo de Realocação de Energia (MRE), que compartilha o risco hidrológico entre as usinas participantes. Nesse arranjo, o Generation Scaling Factor (GSF) mede a razão entre a geração física agregada e a energia assegurada contratada, sendo valores inferiores a 1,0 indicativos de déficit de geração e necessidade de recompras no mercado de curto prazo.

Segundo a Fitch Ratings (2024–2025), a exposição da Norte Energia ao risco de GSF é classificada como “Risco de Receita – Volume: Médio”, refletindo uma estrutura mitigadora relativamente robusta. Essa avaliação decorre da participação no MRE, da contratação do seguro SPR-100 e da estratégia de manter parcela da garantia física descontratada, o que reduz a dependência do mercado spot.

Em conjunto, esses mecanismos amortecem os impactos financeiros de períodos de GSF baixo, contribuindo para maior estabilidade de receitas e resiliência financeira da usina.

1.6 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA: RELEVÂNCIA

A pesquisa justifica-se pela necessidade crescente de compreender como a intensificação dos eventos climáticos extremos afeta a estabilidade financeira e operacional das hidrelétricas brasileiras, especialmente na Bacia Amazônica, região responsável por parcela expressiva da matriz elétrica nacional e simultaneamente uma das mais vulneráveis às variações hidrológicas. As secas recorrentes observadas nos últimos anos têm revelado a fragilidade estrutural de um modelo energético fortemente dependente da regularidade das chuvas e da vazão dos rios, o que torna urgente a incorporação do risco climático como componente formal na análise de crédito e na regulação setorial.

Sob o ponto de vista acadêmico e teórico, o estudo contribui para preencher uma lacuna relevante na literatura nacional, ao integrar variáveis físicas (chuvas, temperatura, queimadas e vazão) e financeiras (geração, receita e risco de crédito) em um mesmo arcabouço econométrico. Essa integração, operacionalizada por modelos de séries temporais (ARDL e VECM) e testes de estresse climático, amplia o escopo da pesquisa econômica tradicional, introduzindo elementos da climatologia aplicada e das finanças corporativas. Além disso, o uso de métricas — como o Revenue-at-Risk (RaR10) — oferece uma medida quantitativa e comparável da vulnerabilidade financeira das usinas frente a choques climáticos, fortalecendo o diálogo entre economia da energia e finanças sustentáveis.

Do ponto de vista prático e social, a investigação apresenta implicações diretas para empresas do setor elétrico, órgãos reguladores e instituições financeiras, ao fornecer evidências empíricas que podem subsidiar políticas de mitigação, precificação de risco e desenvolvimento de instrumentos de proteção, como seguros paramétricos e derivativos climáticos. Tais resultados também dialogam com as diretrizes internacionais do *Network for Greening the Financial System* (NGFS, 2022) e do Banco Central do Brasil (2023), que enfatizam a importância dos testes de estresse climático setoriais como ferramenta prudencial.

Por fim, a relevância pessoal e institucional deste estudo reside no compromisso com a produção de conhecimento aplicado à sustentabilidade e à gestão de riscos no setor energético, contribuindo para o aprimoramento das práticas de governança ambiental, social e corporativa (ESG) e para a formulação de políticas públicas voltadas à resiliência hídrica e financeira das hidrelétricas amazônicas. Assim, o trabalho transcende seu valor acadêmico, oferecendo subsídios concretos para a adaptação climática da infraestrutura elétrica brasileira e para a integração do risco climático ao sistema financeiro nacional.

1.7 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

A dissertação está organizada da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o referencial teórico sobre risco climático, ambiental, hidrológico e financeiro; a Seção 3 descreve a metodologia e o tratamento dos dados; a Seção 4 reporta os resultados econométricos e testes de robustez; a Seção 5 discute os impactos de choques de energia sobre receita e risco de crédito; e a Seção 6 sintetiza as conclusões e recomendações, destacando as implicações de política e estratégias de mitigação para o setor elétrico.

1.8 REFERENCIAL TEÓRICO

1.8.1 LITERATURA INTERNACIONAL

A literatura internacional sobre risco climático e geração hidrelétrica evidencia a crescente vulnerabilidade dos sistemas de energia frente às mudanças climáticas e à intensificação de eventos extremos. Adu-Poku et al. (2024) investigaram o impacto das secas na geração hidrelétrica da Bacia do Rio Volta, em Gana, região que abriga as principais usinas do país, como Akosombo, responsável por parcela substancial da matriz elétrica nacional. O estudo contextualiza a dependência histórica da hidreletricidade e recorda os episódios críticos das secas de 1980 e 2007, quando a produção caiu drasticamente e o governo foi obrigado a recorrer a fontes térmicas mais caras, elevando tarifas e comprometendo a segurança energética.

Com base em projeções climáticas, os autores indicam tendência de aumento da temperatura, maior variabilidade das chuvas e intensificação de eventos extremos, o que amplia os riscos de déficit

hídrico e de instabilidade na oferta de energia. A análise mostra que, mesmo em cenários otimistas, as flutuações esperadas na geração hidrelétrica ameaçam a confiabilidade do sistema, exigindo medidas de adaptação urgentes. As estratégias sugeridas incluem diversificação da matriz com fontes renováveis não hídricas (solar e eólica), expansão da capacidade de armazenamento, modernização da infraestrutura e integração regional por meio da *West African Power Pool*. Também se destacam recomendações voltadas à gestão adaptativa de reservatórios e ao fortalecimento do monitoramento hidrometeorológico.

Adu-Poku et al. (2024) concluem que a inação diante das mudanças climáticas resultará em déficits recorrentes de geração e aumento expressivo das tarifas, com impactos econômicos e sociais severos. O estudo propõe a construção de um sistema elétrico resiliente, apoiado em planejamento integrado e incentivos à geração limpa, reforçando que o custo da adaptação é menor que o custo da omissão. Situação análoga observa-se no Brasil, cuja dependência hidráulica o torna igualmente suscetível a períodos prolongados de seca. Apesar de avanços relevantes, a literatura internacional ainda apresenta lacunas quanto à mensuração integrada do elo entre risco climático físico e risco de crédito corporativo, limitando o entendimento dos efeitos financeiros diretos de choques hidrológicos sobre a solvência de empresas do setor elétrico.

1.8.2 LITERATURA NACIONAL

A literatura nacional converge em reconhecer a vulnerabilidade estrutural do setor elétrico brasileiro, cuja matriz permanece fortemente dependente das hidrelétricas. Polizel e Pinto (2024) analisaram os efeitos das crises hídricas sobre o desempenho econômico-financeiro das empresas de geração, transmissão e distribuição entre 2014 e 2021. Os autores observaram que, em anos de seca severa (2014–2015 e 2021), a baixa precipitação e a necessidade de acionamento de termelétricas elevaram custos de geração e reduziram a rentabilidade, pressionando o equilíbrio financeiro das companhias.

A metodologia envolveu a análise de demonstrações financeiras padronizadas de nove empresas listadas na B3 (três por segmento), com cálculo de variações anuais e médias dos principais indicadores – liquidez, estrutura de capital, rentabilidade e valor de mercado. Os resultados indicaram queda acentuada da margem líquida, ROA e ROE

no segmento de geração, bem como redução da rentabilidade entre distribuidoras em virtude do aumento do custo de compra de energia. As transmissoras, por outro lado, apresentaram estabilidade relativa, dado o modelo de remuneração baseado na disponibilidade das linhas. Constatou-se ainda aumento do endividamento e maior participação de capital de terceiros, especialmente entre distribuidoras, o que indica dependência de financiamento externo em períodos críticos.

As conclusões de Polizel e Pinto (2024) reforçam que as crises hídricas comprometem a sustentabilidade financeira do setor e demandam políticas de diversificação da matriz, investimentos em eficiência e modernização da infraestrutura, além de gestão integrada de recursos hídricos. Em sentido parcialmente distinto, Pereira e Martins (2022) investigaram os efeitos das crises de 2001, 2014 e 2021 sobre as empresas de energia elétrica listadas na B3, com base em 23 observações anuais no período 2000–2021.

O estudo de Pereira e Martins (2022) utilizou seis modelos de regressão linear múltipla para relacionar indicadores de rentabilidade (ROA, ROE, Margem EBITDA, Margem Líquida) e endividamento com proxies de crise hídrica (variação anual da geração, tarifa média e Energia Natural Afluente). Os coeficientes R^2 obtidos (3,5% a 19,4%) e valores-p superiores a 0,05 sugerem baixa significância estatística, indicando que, no período agregado, o impacto das crises hídricas sobre a rentabilidade e o endividamento foi limitado. Os autores atribuem essa baixa sensibilidade à ação de mecanismos contratuais e regulatórios que amorteceram parte dos efeitos hidrológicos.

A divergência entre os resultados de Polizel e Pinto (2024) e Pereira e Martins (2022) reforça a necessidade de estudos com maior granularidade temporal e integração de variáveis climáticas e financeiras, de modo a capturar efeitos de curto prazo e assimetria entre bacias hidrográficas. Instituições como a EPE (2025), a ANA (2022) e Marengo e Costa (2023) também apontam para a intensificação de eventos de seca na região Amazônica e alertam para a necessidade de incorporar cenários climáticos nos modelos de planejamento energético e avaliação de projetos hidrelétricos. Apesar disso, grande parte das pesquisas nacionais mantém foco na segurança do suprimento, sem explorar em profundidade a relação entre choques hidrológicos e riscos financeiros corporativos.

1.8.3 CONTRIBUIÇÃO À LITERATURA

A presente dissertação avança em relação aos estudos anteriores ao propor um modelo econométrico que conecta variáveis climáticas (chuvas e temperatura), ambientais (queimadas), hidrológicas (vazão) e econômicas (geração e receita de vendas). Essa estrutura permite avaliar, de forma dinâmica e prospectiva, como choques climáticos se propagam até os resultados financeiros, superando as limitações de estudos baseados em médias anuais e análises retrospectivas.

Além disso, a pesquisa incorpora testes de estresse climático e simulações contrafactuais, estimando elasticidades de curto e longo prazo entre variabilidade climática, produção e receita. Essa metodologia amplia o entendimento do risco climático como determinante do risco financeiro, fornecendo subsídios quantitativos para políticas de mitigação, planejamento energético e avaliação de crédito corporativo no setor elétrico brasileiro.

Em síntese, o estudo contribui para a literatura ao Integrar dimensões físicas e financeiras em um mesmo framework econométrico quantificando efeitos dinâmicos de choques climáticos sobre geração e receita e oferecendo base empírica para a gestão de riscos e para políticas de adaptação setorial.

Com isso, preenche-se uma lacuna relevante entre os campos da economia da energia, das finanças corporativas e da climatologia aplicada, fortalecendo a base teórica e empírica sobre risco climático e solvência no setor elétrico.



2

METODOLOGIA

2.1 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS E TRATAMENTO DOS DADOS

A pesquisa adota uma abordagem quantitativa de natureza econométrica, orientada à identificação dos vínculos dinâmicos entre variáveis climáticas, ambiental, hidrológica e financeiras no contexto das hidrelétricas da Bacia Amazônica. Essa estratégia analítica é particularmente adequada para mensurar a magnitude e a direção dos efeitos de choques climáticos sobre a geração de energia elétrica e sobre os indicadores de desempenho econômico-financeiro das empresas do setor, permitindo inferir causalidade e avaliar o comportamento diferencial de cada usina sob condições semelhantes de risco climático. A amostra compreende duas hidrelétricas de grande relevância regional e nacional — Belo Monte (rio Xingu) e Santo Antônio Energia (rio Madeira) — selecionadas tanto pela representatividade geográfica quanto pela disponibilidade de séries históricas completas e demonstrações financeiras auditadas. As informações foram obtidas em fontes oficiais, incluindo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Força Aérea Brasileira (FAB), o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e os relatórios financeiros das concessionárias. As séries contemplam variáveis de vazão turbinada, geração de energia, precipitação, temperatura, focos de queimadas e receitas de vendas, cobrindo o período de abril de 2016 a janeiro de 2025, em frequência mensal.

Todos os dados foram transformados em logaritmos naturais e submetidos a procedimentos de dessazonalização pelos métodos X-13ARIMA-SEATS e STL (*Seasonal and Trend decomposition using Loess*), assegurando comparabilidade temporal e eliminação de padrões sazonais que poderiam distorcer as estimativas. A robustez do processo foi verificada por meio da estatística QS e do teste de Kruskal-Wallis, com p-valores superiores a 5% após o ajuste, confirmando a remoção efetiva da sazonalidade. O X-13ARIMA-SEATS apresentou desempenho ligeiramente superior, sendo adotado como referência principal, enquanto o STL foi empregado como instrumento de

validação. Para lidar com eventuais lacunas nas séries climáticas e hidrológicas — decorrentes de falhas em estações meteorológicas — aplicou-se o Filtro de Kalman, um estimador recursivo baseado em modelos de estado dinâmico, que permite reconstruir observações ausentes e suavizar ruídos sem comprometer as propriedades estatísticas das séries. O processo de imputação foi restrito a até 3% das observações por variável, preservando a integridade amostral. As estatísticas descritivas antes e depois do filtro mostraram ausência de alterações significativas, com valores idênticos de média, desvio-padrão e extremos (mínimo e máximo). Esse resultado confirma a estabilidade estrutural e a confiabilidade das séries ajustadas, assegurando que o procedimento de imputação não introduziu distorções nos parâmetros originais das variáveis.

2.1.1 TABELA DE VARIÁVEIS

Tabela 1

Variável	Descrição	Unidade	Fonte dos dados
LN_Energia_SA_X13 (dependente)	Produção de energia elétrica	MWmed - Megawatts médios	ONS
LN_Temperatura_SA_X13	Temperatura média local	° Celsius	FAB
LN_Vazao_X13	Vazão turbinada de água (água que passa pelas turbinas da hidrelétrica e efetivamente geram energia elétrica)	m ³ /s – metros cúbicos por segundo	ONS
LN_Queimadas_X13	focos ativos de queimadas	Quantidade focos ativos	INPE
LN_359001SA_X13	precipitação – estação meteorológica - Rio Madeira	MM. (milímetros)	ANA
LN_459000_SA_X13	precipitação – estação meteorológica - Rio Madeira	MM. (milímetros)	ANA
LN_459001SA_X13	precipitação – estação meteorológica - Rio Madeira	MM. (milímetros)	ANA
LN_560001SA_X13	precipitação – estação meteorológica - Rio Madeira	MM. (milímetros)	ANA
LN_560002SA_X13	precipitação – estação meteorológica - Rio Madeira	MM. (milímetros)	ANA
Receita de Vendas	Valor Receita de Vendas	R\$ (Reais)	Demonstrações Contábeis Hidrelétricas
Receita Líquida	Valor Receita Líquida	R\$ (Reais)	Demonstrações Contábeis Hidrelétricas

Tabela 2

Variável	Descrição	Unidade	Fonte dos Dados
LN_Energia_BM_X13	Produção de energia elétrica	MWmed - Megawatts médios	ONS
LN_Temperatura_X13	Temperatura média local	° Celsius	FAB
LN_Vazao_X13	Vazão turbinada de água (água que passa pelas turbinas da hidrelétrica e efetivamente geram energia elétrica)	m ³ /s – metros cúbicos por segundo	ONS
LN_Queimadas_X13	focos ativos de queimadas	Quantidade focos ativos	INPE
LN_153000BM_X13	precipitação – estação meteorológica - Rio Xingu	MM. (milímetros)	ANA
LN_252001BM_X13	precipitação – estação meteorológica – Rio Xingu	MM. (milímetros)	ANA
LN_254010BM_X13	precipitação – estação meteorológica - Rio Xingu	MM. (milímetros)	ANA
LN_254011BM_X13	precipitação – estação meteorológica - Rio Xingu	MM. (milímetros)	ANA
LN_352005BM_X13	precipitação – estação meteorológica - Rio Xingu	MM. (milímetros)	ANA
Receita de Vendas	Valor Receita de Vendas	R\$ (Reais)	Demonstrações Contábeis Hidrelétricas
Receita Líquida	Valor Receita Líquida	R\$ (Reais)	Demonstrações Contábeis Hidrelétricas

2.1.2 RISCOS E CONSIDERAÇÕES NA MENSALIZAÇÃO DE SÉRIES TRIMESTRAIS: JUSTIFICATIVA E ACEITABILIDADE

As séries financeiras originalmente trimestrais foram mensalizadas pelo método de Denton–Cholette, garantindo coerência temporal e preservação dos totais trimestrais. Embora esse procedimento possa suavizar variações reais de curto prazo ou introduzir pequenas distorções mensais, tais riscos são considerados aceitáveis, pois a metodologia adota modelos econométricos robustos e testes de sensibilidade que asseguram a consistência das elasticidades e a validade estatística dos resultados.

2.2 ESTRATÉGIA EMPÍRICA

A análise econométrica foi estruturada em múltiplas etapas complementares, voltadas à identificação de estacionariedade, cointegração, causalidade e sensibilidade climática. Inicialmente, a ordem de integração das séries foi determinada pelos testes de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) e Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS), combinados aos testes de quebras estruturais de Bai-Perron e Perron-Yabu, garantindo a detecção de instabilidades associadas a choques climáticos. A convergência entre esses métodos confirmou a ausência de processos integrados de ordem dois, condição essencial para a validade dos modelos de cointegração subsequentes. Em seguida, investigou-se a existência de relações de equilíbrio de longo prazo por meio do teste de Johansen, baseado em modelos vetoriais autorregressivos reparametrizados na forma de correção de erros (VECM). A estimação foi realizada por máxima verossimilhança, com inclusão de constante no vetor cointegrante e seleção de defasagens pelos critérios de informação de Akaike e Schwarz. Paralelamente, aplicou-se o teste de Bounds de Pesaran, Shin e Smith, próprio da modelagem ARDL (Autoregressive Distributed Lag), para confirmar a cointegração em sistemas mistos de variáveis estacionárias e não estacionárias. A consistência entre Johansen e Bounds assegurou robustez estatística às inferências sobre as relações de longo prazo entre geração de energia e variáveis climáticas.

Com base nas evidências de cointegração, foram estimados dois arcabouços econométricos complementares: o modelo VECM, que capta simultaneamente as dinâmicas de curto e longo prazo por meio do termo de correção de erro, e o modelo ARDL-ECM, que permite estimar elasticidades em amostras pequenas e sistemas híbridos de integração. O modelo ARDL foi utilizado para extrair elasticidades de curto e longo prazo entre as variáveis, calculadas conforme a formulação de Pesaran, Shin e Smith (2001), expressando o impacto percentual de uma variação de 1% nas variáveis explicativas sobre a variável dependente (geração de energia). A identificação de causalidade foi realizada por meio do teste de Granger, a partir dos valores defasados das variáveis climáticas, de forma a examinar a precedência temporal entre choques ambientais e resposta energética. Para investigar a dinâmica dos ajustes e propagações de choques, foram estimadas funções impulso-resposta (IRFs) com choques normalizados e intervalos de confiança gerados por bootstrap,

permitindo avaliar a magnitude e a persistência das respostas da produção de energia a perturbações climáticas e hidrológicas.

Com base nas estimativas obtidas, foram conduzidos testes de estresse climático, elaborados segundo as diretrizes internacionais de climate stress testing (UNEP FI, 2021; Reinders, Schoenmaker & Van Dijk, 2023). Esses testes consistem em simulações contrafactuais que avaliam a sensibilidade da geração de energia a cenários plausíveis de choques exógenos em temperatura, precipitação, queimadas e vazão, tanto individualmente quanto de forma combinada, considerando horizontes de curto e médio prazo. Os resultados permitiram derivar medidas sintéticas de exposição a riscos físicos e de resiliência operacional das hidrelétricas. A partir dessas simulações, foi construído o indicador RaR10 (Revenue-at-Risk para choque de 10%), que estima o impacto percentual sobre a receita em decorrência de uma variação padrão de 10% na geração de energia. O cálculo baseia-se na elasticidade estimada entre receita e energia em modelos de regressão log-log, sendo que valores positivos de RaR10 representam aumento do risco financeiro e valores negativos indicam resiliência operacional. Essa métrica sintetiza, em um único parâmetro, a vulnerabilidade financeira das hidrelétricas frente a eventos climáticos extremos, oferecendo comparabilidade entre empreendimentos e subsídio quantitativo para políticas de mitigação e avaliação de crédito.

A aplicação dos modelos considerou ainda restrições amostrais e princípios de parcimônia, de modo a evitar superparametrização. Assim, optou-se pela redução do número de variáveis explicativas, selecionando-se as cinco mais relevantes com base em um escore integrado que pondera significância estatística, impacto dinâmico das IRFs e robustez entre modelos. Ajustes complementares (+0,5 ou -0,5) foram incorporados conforme a estabilidade dos coeficientes e a consistência dos diagnósticos. Além disso, uma variável dummy foi incluída para o ano de 2023, representando a seca extrema observada na Amazônia, conforme documentado por Marengo e Costa (2023), de modo a capturar o choque exógeno e preservar a estabilidade estrutural dos parâmetros estimados. O conjunto metodológico adotado, caracterizado pela integração de abordagens univariadas e multivariadas, pela combinação de testes clássicos e robustos e pela ênfase em simulações de estresse climático, permite estimar com precisão as interações entre clima, energia e finanças, fornecendo evidências empíricas sólidas sobre a transmissão de riscos físicos para o risco de crédito no setor hidrelétrico brasileiro.



3



3

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise empírica foi organizada em cinco etapas principais:

Preparação e verificação das séries temporais, incluindo dessazonalização, imputação de dados faltantes, testes de raiz unitária e quebras estruturais; verificação de relações de equilíbrio de longo prazo por meio de testes de cointegração (Johansen e Bounds); estimação dos modelos dinâmicos VECM e ARDL, com análise de elasticidades e funções impulso-resposta para as usinas Santo Antônio (SA) e Belo Monte (BM); implementação de testes de estresse climático, com cenários individuais e combinados, visando mensurar a sensibilidade da geração de energia a choques hidrometeorológicos; e integração dos resultados às variáveis financeiras, por meio da estimação da elasticidade receita-geração e do cálculo do indicador Revenue-at-Risk (RaR10), que quantifica o risco de crédito climático-operacional sob choques de geração.

A especificação dos modelos considerou o tamanho amostral reduzido (106 observações mensais), limitando as defasagens a um máximo de quatro períodos. A escolha de lags foi guiada pelos critérios de informação AIC, BIC, HQ e FPE, de modo a preservar parcimônia e evitar sobreparametrização. A robustez dos resultados foi assegurada por meio de um conjunto de testes de diagnóstico (autocorrelação, heterocedasticidade, normalidade e multicolinearidade), combinados com a utilização de erros-padrão robustos HCl, mitigando violações aos pressupostos clássicos da regressão.

As variáveis utilizadas para ambas as usinas são compostas por indicadores climáticos, hidrológicos e financeiros obtidos de fontes oficiais, descritas a seguir.

No caso da Usina Santo Antônio Energia (SA), a variável dependente é a produção de energia elétrica (LN_Energia_SA_X13), em megawatts médios (MWmed), obtida junto ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Entre as variáveis explicativas, incluem-se a temperatura média local (LN_Temperatura_SA_X13), em graus Celsius, disponibilizada pela Força Aérea Brasileira (FAB); a vazão turbinada (LN_Vazao_X13), em metros cúbicos por segundo (m^3/s), proveniente do

ONS; e o número de focos ativos de queimadas (LN_Queimadas_X13), informado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Além disso, foram incorporadas cinco séries pluviométricas — LN_359001SA_X13, LN_459000_SA_X13, LN_459001SA_X13, LN_560001SA_X13 e LN_560002SA_X13 — expressas em milímetros (mm) e disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), representando a variabilidade espacial das chuvas na bacia do rio Madeira. As variáveis financeiras Receita de Vendas e Receita Líquida, expressas em reais (R\$) e extraídas das demonstrações contábeis da concessionária, foram utilizadas na etapa de avaliação dos impactos financeiros dos choques hidrológicos.

De forma análoga, para a Usina Belo Monte (BM), a variável dependente é a produção de energia elétrica (LN_Energia_BM_X13), também em MWmed, obtida junto ao ONS. As variáveis explicativas incluem a temperatura média local (LN_Temperatura_X13), em graus Celsius, fornecida pela FAB; a vazão turbinada (LN_Vazao_X13), em m³/s, registrada pelo ONS; e o número de focos ativos de queimadas (LN_Queimadas_X13), reportado pelo INPE. Foram ainda consideradas cinco séries de precipitação (LN_153000BM_X13, LN_252001BM_X13, LN_254010BM_X13, LN_254011BM_X13 e LN_352005BM_X13), expressas em milímetros e obtidas da ANA, representando a distribuição espacial das chuvas na bacia do rio Xingu. Por fim, as variáveis financeiras Receita de Vendas e Receita Líquida, extraídas das demonstrações contábeis da empresa e expressas em reais (R\$), compõem o elo final entre os choques climáticos e o risco de crédito corporativo.

Essa caracterização integrada das variáveis constitui a base empírica para a análise comparativa entre as duas usinas, permitindo identificar padrões de resposta distintos às variações hidrológicas e climáticas na Amazônia.

3.1 TESTES DE RAIZ UNITÁRIA

3.1.1 TESTES SEM QUEBRA ESTRUTURAL – ADF E KPSS

Os testes de Dickey–Fuller Aumentado (ADF) e Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS) foram aplicados às séries em logaritmo e previamente dessazonalizadas pelo X-13ARIMA-SEATS, considerando as usinas Santo Antônio (SA) e Belo Monte (BM) (DICKEY; FULLER, 1979; KWIATKOWSKI et al., 1992).

Para a usina Santo Antônio, a maioria das variáveis — incluindo LN_Energia_SA_X13, LN_359001SA_X13, LN_459000_SA_X13, LN_459001SA_X13, LN_560001SA_X13 e

LN_Queimadas_X13 — apresentou evidências consistentes de estacionariedade em nível, com convergência entre os testes ADF e KPSS. Já LN_Temperatura_SA_X13 foi classificada como não-estacionária, enquanto LN_560002SA_X13 e LN_Vazao_X13 exibiram resultados inconclusivos ($I(0)/I(1)$), refletindo divergência parcial entre os testes.

Na usina Belo Monte, observaram-se resultados semelhantes: as séries LN_153000BM_X13, LN_252001BM_X13 e LN_254010BM_X13 foram classificadas como estacionárias em nível com alta confiança, enquanto LN_Energia_BM_X13 e LN_Temperatura_X13 apresentaram diagnósticos inconclusivos, com divergência entre ADF e KPSS.

Importante destacar que nenhuma variável de ambas as usinas apresentou evidência de integração de ordem dois ($I(2)$), assegurando a adequação metodológica para aplicação de modelos ARDL e VECM, que admitem combinações de variáveis $I(0)$ e $I(1)$ (ENDERS, 2015; PESARAN; SHIN; SMITH, 2001).

3.1.2 TESTES COM QUEBRA ESTRUTURAL – BAI-PERRON E PERRON-YABU

Para capturar possíveis rupturas nas séries temporais, aplicaram-se os testes de Bai-Perron (2003) e Perron-Yabu (2009) às séries logarítmicas e dessazonalizadas das usinas Santo Antônio (SA) e Belo Monte (BM). O primeiro identifica quebras múltiplas endógenas em nível e tendência, enquanto o segundo, baseado em estimação GLS, ajusta a presença de até duas quebras estruturais sob hipótese de raiz unitária.

Na usina Santo Antônio, ambos os testes apresentaram resultados convergentes: as variáveis LN_Energia_SA_X13, LN_359001SA_X13, LN_Temperatura_SA_X13 e LN_459001SA_X13 exibiram rupturas entre 2017 e 2023, mas rejeitaram a hipótese nula de raiz unitária, confirmando estacionariedade após o ajuste das quebras. LN_459000_SA_X13 manteve-se estável, sem rupturas significativas. As quebras detectadas correspondem a períodos de transição hidrológica

na Bacia do Madeira, reforçando o vínculo entre choques climáticos e comportamento das séries.

Para a usina Belo Monte, os resultados indicaram padrões parcialmente distintos. O teste Bai–Perron identificou rupturas em *LN_Energia_BM_X13* e *LN_Temperatura_X13*, porém sem rejeição de H_0 , sugerindo persistência de não-estacionariedade. Já o teste Perron–Yabu apontou rejeição de H_0 para todas as variáveis, indicando estacionariedade após ajuste GLS. Essa diferença reflete maior sensibilidade do teste Perron–Yabu à presença de múltiplas quebras e reforça sua capacidade de identificar estabilidade condicional nas séries.

De forma geral, os resultados demonstram consistência e robustez entre os dois procedimentos, validando o uso de modelos ARDL e VECM em contextos com combinações de variáveis $I(0)/I(1)$ e rupturas estruturais. As quebras identificadas coincidem com eventos climáticos extremos na Amazônia (2017–2023), reforçando onexo entre choques hidrológicos e as dinâmicas de produção de energia elétrica (ENDERS, 2015; PESARAN; SHIN; SMITH, 2001).

3.2 QUEBRAS ESTRUTURAIS E EVENTOS CLIMÁTICOS

As quebras detectadas pelos testes de Bai–Perron e Perron–Yabu são compatíveis com episódios de seca severa, eventos El Niño/La Niña e alterações no regime hidrológico amazônico, os quais afetam simultaneamente temperatura, precipitação, queimadas, vazão e geração de energia. Essas mudanças se manifestam tanto em saltos de nível quanto em mudanças de tendência, sugerindo que choques climáticos extremos introduzem regimes distintos na série, não captados por modelos lineares sem quebras.

Esse resultado reforça a necessidade de incorporar dummies estruturais nos modelos — como a dummy para o ano de 2023, marcada pela seca extrema na região (MARENGO; COSTA, 2023) — e de interpretar os parâmetros à luz de um ambiente em que a hidrologia está sujeita a perturbações recorrentes, e não a um regime estacionário simples.

3.3 TESTE DE COINTEGRAÇÃO DE JOHANSEN

O teste de Johansen (1988) foi aplicado às séries logarítmicas e dessazonalizadas das usinas Santo Antônio (SA) e Belo Monte (BM), com o objetivo de verificar a existência de vetores de cointegração entre as variáveis de energia e clima. O procedimento utiliza as estatísticas de Traço e de Máximo Autovalor para avaliar a hipótese nula de ausência de cointegração ($H_0: r = 0$).

Na usina Santo Antônio, as estatísticas de traço foram superiores a quase todos os valores críticos em todos os níveis testados, indicando rejeição de H_0 em quase todas as hipóteses. Esse resultado sugere forte cointegração entre as variáveis, compatível com múltiplas relações de equilíbrio de longo prazo ($r \geq 3$). Tal padrão é coerente com a estrutura integrada do sistema energético e com a interdependência entre variáveis hidrometeorológicas da Bacia do Madeira.

Tabela 3

r_expr	r_value	trace_test	crit_10pct	crit_5pct	crit_1pct
r <= 8	8	6,07	7,52	9,24	12,97
r <= 7	7	23,18	17,85	19,96	24,6
r <= 6	6	49,4	32	34,91	41,07
r <= 5	5	82,51	49,65	53,12	60,16
r <= 4	4	121,44	71,86	76,07	84,45
r <= 3	3	166,28	97,18	102,14	111,01
r <= 2	2	223,77	126,58	131,7	143,09
r <= 1	1	295,73	159,48	165,58	177,2
r = 0	0	381	196,37	202,92	215,74

Na usina Belo Monte, o teste indicou rejeição de H_0 até $r \leq 6$, com não rejeição a partir de $r \leq 7$, revelando seis vetores de cointegração. Assim como em Santo Antônio, há evidências robustas de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis, embora em menor número de relações cointegrantes, possivelmente refletindo diferenças hidrológicas e contratuais da Bacia do Xingu.

Tabela 4

r_expr	r_value	trace_test	crit_10pct	crit_5pct	crit_1pct
r <= 8	8	5,37	7,52	9,24	12,97
r <= 7	7	19,88	17,85	19,96	24,6
r <= 6	6	42,9	32	34,91	41,07
r <= 5	5	69,17	49,65	53,12	60,16
r <= 4	4	101,41	71,86	76,07	84,45
r <= 3	3	146,91	97,18	102,14	111,01
r <= 2	2	199,77	126,58	131,7	143,09
r <= 1	1	258,84	159,48	165,58	177,2
r = 0	0	335,76	196,37	202,92	215,74

Em síntese, ambos os resultados confirmam a presença de cointegração multivariada, validando a modelagem por Vetor de Correção de Erros (VECM) para descrever as interações de curto e longo prazo das usinas hidrelétricas (JOHANSEN, 1988; JOHANSEN; JUSELIUS, 1990; LÜTKEPOHL, 2005).

3.4 SELEÇÃO DE MODELOS E PRINCIPAIS DETERMINANTES

Diante das evidências de cointegração e da natureza mista das séries (I(0)/I(1)), foram adotados dois arcabouços complementares:

- a) VECM em nível, derivado da metodologia de Johansen, adequado para sistemas cointegrados com múltiplas variáveis endógenas;**
- b) Modelo ARDL/ECM, cuja formulação é particularmente indicada para amostras pequenas e sistemas híbridos, combinando efeitos de curto e longo prazos (PESARAN; SHIN, 1995; PESARAN; SHIN; SMITH, 2001; NKORO; UKO, 2016; KRIPFGANZ, 2023).**

A seleção de variáveis explicativas seguiu critério híbrido: (i) significância estatística robusta (p-valores com correção HC1) e (ii) força e persistência das respostas dinâmicas nas funções impulso-resposta (IRFs), medida pelo pico, área acumulada e número de horizontes com intervalo de confiança a 95% distinto de zero. Essa estratégia está alinhada com as recomendações da American Statistical Association, que enfatizam a necessidade de ir além de limiares arbitrários de significância, incorporando magnitude, contexto e incerteza na interpretação dos resultados (WASSERSTEIN; LAZAR, 2016; WASSERSTEIN; SCHIRM; LAZAR, 2019).

Em termos operacionais, a escolha do conjunto final de variáveis decorreu da combinação de dois blocos de modelos. Em um primeiro momento, os modelos VECM em nível foram utilizados para identificar relações de cointegração, velocidades de ajuste e padrões dinâmicos de resposta a choques, sintetizados em funções impulso-resposta. Em paralelo, modelos ARDL em nível foram estimados para cada usina, permitindo avaliar elasticidades de curto e, quando suportado pelos testes de Bounds, de longo prazo. A interseção entre (i) variáveis com coeficientes estatisticamente robustos nesses modelos e (ii) variáveis que apresentaram maior relevância dinâmica nas IRFs (VECM/VAR e

ARDL) definiu o subconjunto de determinantes climáticos e hidrológicos adotado em cada usina. A partir desse núcleo selecionado, o modelo ARDL final — estimado separadamente para Santo Antônio e Belo Monte — foi escolhido como estrutura de referência para os exercícios de estresse climático e para o cálculo do indicador de receita em risco (RaR10), justamente por permitir um mapeamento direto entre choques percentuais nas variáveis climáticas e a resposta percentual da geração e da receita.

Em síntese, a evidência empírica convergiu para:

- a) **Usina SA: núcleo robusto formado por Temperatura, 359001SA, 459001SA, com inclusão de 560001SA e Vazão pelo peso dinâmico nas IRFs;**
- b) **Usina BM: núcleo robusto formado por Temperatura, 252001BM, Vazão, Queimadas e 352005BM, combinando significância estatística, coerência hidrológica e relevância dinâmica.**

A seguir, detalham-se os resultados por usina.

3.4.1 RESULTADOS PARA A USINA SANTO ANTÔNIO ENERGIA (SA)

3.4.1.1 MODELO VECM: COEFICIENTES, IRFS E CAUSALIDADE

Os critérios de informação indicaram desempenho superior do VECM em nível em relação ao modelo em diferenças, com menores valores de AIC, BIC, HQ e FPE. Os sinais dos coeficientes são coerentes com a lógica hidrológica: choques de temperatura tendem a reduzir a geração (efeito evapotranspiração e estresse hídrico), enquanto vazão exerce efeito positivo imediato sobre a energia. As variáveis pluviométricas apresentaram efeitos positivos moderados em horizontes específicos, sugerindo papel complementar na recomposição da disponibilidade hídrica.

A inclusão de uma dummy para 2023 como variável exógena capturou o choque associado à seca severa na Amazônia, com significância estatística ($p < 0,05$). Isso indica que 2023 se configura como episódio de quebra temporária importante na série, sem comprometer a estabilidade estrutural do modelo.

As IRFs com bootstrap (IC 95%) reforçaram esse diagnóstico:

- a) choques positivos em temperatura reduzem a energia de forma persistente;
- b) choques em vazão aumentam a geração no curto prazo, com dissipação gradual;
- c) choques em variáveis de precipitação produzem efeitos positivos de menor magnitude;
- d) choques em queimadas exercem efeito negativo de maior duração, compatível com processos de degradação ambiental e alteração do ciclo hidrológico (KILIAN; LÜTKEPOHL, 2017; LÜTKEPOHL, 2005).

Os testes de Causalidade de Granger em bloco indicaram que LN_Temperatura_SA_X13, LN_359001SA_X13, LN_459001SA_X13, LN_560001SA_X13 e LN_Vazao_X13 exercem causalidade significativa sobre a geração de energia (LN_Energia_SA_X13), com maior robustez estatística observada para a vazão e para os postos pluviométricos 359001 e 459001. Esses resultados confirmam que a geração da usina Santo Antônio é fortemente condicionada pela hidrologia regional e pelas variáveis climáticas dominantes, evidenciando a sensibilidade da matriz de produção às variações pluviométricas e hidrológicas locais.

Tabela 5

Cause	Response	Test	statistic	parameter	p.value
LN_Temperatura_SA_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	1,746109	16	0,034454
LN_Temperatura_SA_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	1,746109	756	0,034454
LN_359001SA_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	2,604642	16	0,000567
LN_359001SA_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	2,604642	756	0,000567
LN_459000_SA_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	0,944691	16	0,517034
LN_459000_SA_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	0,944691	756	0,517034
LN_459001SA_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	5,187868	16	0
LN_459001SA_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	5,187868	756	0
LN_560001SA_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	1,853095	16	0,021675
LN_560001SA_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	1,853095	756	0,021675
LN_560002SA_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	1,106664	16	0,343944
LN_560002SA_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	1,106664	756	0,343944
LN_Vazao_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	2,515114	16	0,0009
LN_Vazao_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	2,515114	756	0,0009
LN_Queimadas_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	1,268387	16	0,210857
LN_Queimadas_X13	LN_Energia_SA_X13	Granger	1,268387	756	0,210857

3.4.1.2 MODELO ARDL E TESTE DE BOUNDS

A estimação do modelo ARDL para SA privilegiou a especificação em nível, selecionada por AIC, de forma a capturar a dinâmica de curto prazo com bom ajuste global. Os coeficientes sugerem:

- a) forte persistência da série de energia (componente autorregressivo significativo);
- b) efeito negativo contemporâneo da temperatura, com recomposição parcial no período seguinte;
- c) efeito positivo da vazão no período corrente, seguido de ajuste de sinal oposto;
- d) impactos de curta duração das variáveis pluviométricas, com sinais dependentes do defasamento.

O teste de Bounds de cointegração (PESARAN; SHIN; SMITH, 2001) foi aplicado às séries logarítmicas e dessazonalizadas para avaliar a existência de relações de equilíbrio de longo prazo entre a geração de energia e as variáveis climáticas e hidrológicas.

Na usina Santo Antônio (SA), a estatística F (3,19; $p = 0,071$) apresentou significância marginal, sugerindo evidência fraca de cointegração e possível sensibilidade à especificação do modelo. Ainda assim, o resultado é compatível com o equilíbrio de longo prazo já identificado pelo teste de Johansen.

Tabela 6

Estatística_F	p.value	Caso
3,194357	0,07135551	2

Para a usina Belo Monte (BM), a estatística F (3,91; $p = 0,043$) foi significativa a 5%, confirmando a presença de cointegração entre as variáveis. Esse achado indica que as flutuações de curto prazo tendem a convergir para um equilíbrio estável de longo prazo.

Tabela 7

Estatística_F	p.value	Caso
3,905417	0,04269965	3

Em conjunto, os resultados sugerem relação de longo prazo mais robusta em Belo Monte e moderada em Santo Antônio, corroborando a adequação do modelo ARDL em contextos de séries mistas $I(0)/I(1)$ e dinâmica climática complexa na Bacia Amazônica (PESARAN; SHIN; SMITH, 2001; NARAYAN, 2005; ENDERS, 2015).

3.4.1.3 ELASTICIDADES E DIAGNÓSTICOS – USINA SA

As estimativas do modelo ARDL revelam respostas rápidas e defasadas da geração de energia às variáveis climáticas e hidrológicas. No curto prazo, um aumento na temperatura reduz significativamente a geração no período corrente (-2,31; $p < 0,01$), com ajuste positivo parcial no período seguinte, enquanto a vazão exerce efeito positivo imediato (+0,39; $p < 0,01$) e correção negativa no período posterior (-0,28; $p < 0,05$).

Os postos pluviométricos apresentam sinais distintos — positivos para 459001 e negativos ou marginais para 359001 e 560001 — refletindo a heterogeneidade espacial das chuvas na bacia do Madeira.

Tabela 8

Variável	Lag	Elasticidade_SR	p_value
LN_359001SA_X13	0	-0,039862915	0,016679988
LN_359001SA_X13	1	0,026303948	0,098171338
LN_359001SA_X13	2	-0,049603748	0,04683849
LN_359001SA_X13	3	0,121556057	0,004217665
LN_359001SA_X13	4	-0,105215795	0,000953246
LN_459001SA_X13	0	0,074137523	0,010097133
LN_459001SA_X13	1	-0,067571701	0,009524833
LN_459001SA_X13	2	0,032847957	0,138773609
LN_560001SA_X13	0	-0,037306026	0,078210649
LN_560001SA_X13	1	0,05753516	0,008033986
LN_Temperatura_SA_X13	0	-2,308883536	0,000401052
LN_Temperatura_SA_X13	1	1,704323641	0,007411998
LN_Vazao_X13	0	0,395183757	1,33656E-05
LN_Vazao_X13	1	-0,275217381	0,011784577

No longo prazo, persistem efeitos negativos da temperatura (-1,66) e positivos da vazão (+0,33), enquanto os impactos da precipitação permanecem localizados e de baixa magnitude. Como o teste Bounds indicou cointegração marginal, essas elasticidades devem ser vistas como tendências consistentes, mas não como prova de equilíbrio estrutural definitivo.

Tabela 9

Variável	Soma_betas	Denom_1_menos_sumphi	Elasticidade_LR
LN_Temperatura_SA_X13	-0,604559895	0,364819508	-1,657147937
LN_Vazao_X13	0,119966376	0,364819508	0,328837613
LN_359001SA_X13	-0,046822453	0,364819508	-0,128344158
LN_459001SA_X13	0,03941378	0,364819508	0,108036383
LN_560001SA_X13	0,020229134	0,364819508	0,055449705

Em conjunto, os resultados mostram que a geração da usina Santo Antônio é fortemente condicionada pela hidrologia e sensível a variações térmicas, reforçando sua vulnerabilidade a eventos de seca e aquecimento regional.

Os testes de diagnóstico indicaram:

- a) ausência de autocorrelação (Durbin–Watson, Breusch–Godfrey);
- b) ausência de heterocedasticidade severa e normalidade residual aceitável (Breusch–Pagan, Jarque–Bera, com correção HCl);
- c) VIFs entre 2,2 e 5,2, faixa compatível com prática empírica, sem multicolinearidade crítica, ainda que com possível inflacionamento moderado de erros-padrão.

Em conjunto, o modelo ARDL para SA é considerado estatisticamente robusto para análise de curto prazo e adequado como base para os testes de estresse climático.

3.4.1.4 TESTES DE ESTRESSE – USINA SANTO ANTÔNIO (SA)

Os testes de estresse foram construídos a partir do modelo ARDL, aplicando choques proporcionais de $\pm 10\%$ às variáveis climáticas e hidrológicas em escala logarítmica, ao longo de 2022–2024. Como os impactos foram uniformes ao longo das 36 observações simuladas, são reportados os resultados de 2022 apenas como ilustração.

Testes individuais

- a) **Temperatura (+10%): queda constante de aproximadamente – 5,6% na geração; impacto classificado como alto, evidenciando forte vulnerabilidade térmica. O resultado é compatível com a literatura que associa aquecimento a maior evaporação e redução da eficiência hídrica (KUMAR et al., 2011; TURNER et al., 2017).**
- b) **Vazão (–10%): redução de cerca de –1,26%, classificada como impacto leve a moderado, confirmando a criticidade do fluxo hídrico, ainda que com magnitude inferior ao choque térmico.**
- c) **Chuvas – posto 359001 (–10%): aumento de +0,49% na geração, efeito leve e contraintuitivo, interpretado como resultado de interações complexas entre postos pluviométricos e vazão efetiva.**
- d) **Chuvas – posto 459001 (–10%): queda de –0,41%, impacto leve, sugerindo contribuição moderada desse posto à dinâmica hidrológica.**

- e) **Chuvas – posto 560001 (-10%): queda de -0,21%, também de impacto leve, reforçando a sensibilidade espacialmente diferenciada da precipitação.**

Teste combinado

O cenário combinado com +10% em temperatura, -10% em vazão e -10% na chuva do posto 459001SA resultou em uma redução média de -7,17% na geração, classificada como impacto alto. O efeito combinado mostrou-se mais severo do que os choques individuais, evidenciando sinergia negativa entre os estressores climáticos.

No conjunto, os exercícios de estresse para SA indicam que:

- a) **temperatura e vazão são os determinantes mais críticos da estabilidade da geração;**
- b) **a precipitação exerce efeitos heterogêneos e de menor magnitude;**
- c) **cenários combinados de calor, baixa vazão e redução de chuvas produzem riscos operacionais significativamente ampliados.**

3.4.2 RESULTADOS PARA A USINA BELO MONTE (BM)

3.4.2.1 MODELO VECM: COEFICIENTES, IRFS E CAUSALIDADE

Para Belo Monte, o VECM em nível também apresentou melhor desempenho que a versão em diferenças, com menores AIC, BIC, HQ e FPE. Os coeficientes indicam:

- a) **impacto negativo da temperatura na geração, coerente com o efeito evapotranspirativo;**
- b) **influência positiva da vazão e de variáveis pluviométricas, refletindo a dependência estrutural do sistema à disponibilidade hídrica;**
- c) **efeito adverso e persistente das queimadas, associado à degradação ambiental e à alteração do balanço hídrico.**

As IRFs estimadas via VECM com bootstrap (IC 95%) revelam, contudo, dinâmica mais complexa:

- a) choques em temperatura geram resposta positiva e persistente da energia, possivelmente refletindo o efeito da maior demanda elétrica em períodos de calor e da operação do sistema interligado, mais do que ganhos físicos de eficiência;
- b) choques em vazão produzem impacto negativo e de curta duração, interpretado como resultado da operação a fio d'água e de episódios de vertimento, que limitam a conversão integral dos picos de vazão em geração;
- c) choques em chuvas dos postos 252001BM e 352005BM geram respostas heterogêneas (positiva no primeiro, levemente negativa no segundo), evidenciando assimetria espacial;
- d) choques em queimadas reduzem a geração de forma persistente, ainda que com magnitude moderada.

Os testes de Causalidade de Granger indicaram que temperatura, vazão e chuva no posto 254010BM_X13 possuem capacidade preditiva significativa sobre a geração de energia da usina Belo Monte, com p-valores inferiores a 5%. As demais variáveis — incluindo os postos pluviométricos 153000BM, 252001BM e 352005BM, além da variável de queimadas — não apresentaram causalidade estatisticamente relevante. Esses resultados sugerem que o desempenho hidrelétrico de Belo Monte é predominantemente condicionado pela dinâmica térmica e hidrológica local, reforçando o papel da temperatura e da vazão como principais vetores de curto prazo no sistema.

Tabela 10

Cause	Response	Test	statistic	parameter	p.value
LN_Temperatura_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	2,194179	16	0,004461
LN_Temperatura_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	2,194179	756	0,004461
LN_153000BM_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	0,681169	16	0,814349
LN_153000BM_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	0,681169	756	0,814349
LN_252001BM_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	0,971743	16	0,486062
LN_252001BM_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	0,971743	756	0,486062
LN_254010BM_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	2,235225	16	0,003655
LN_254010BM_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	2,235225	756	0,003655
LN_254011BM_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	1,216988	16	0,248342
LN_254011BM_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	1,216988	756	0,248342
LN_352005BM_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	0,734206	16	0,760023
LN_352005BM_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	0,734206	756	0,760023
LN_Vazao_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	2,3906	16	0,001693
LN_Vazao_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	2,3906	756	0,001693
LN_Queimadas_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	0,757657	16	0,734473
LN_Queimadas_X13	LN_Energia_BM_X13	Granger	0,757657	756	0,734473

3.4.2.2 MODELO ARDL E TESTE DE BOUNDS – USINA BM

O modelo ARDL estimado para BM também favoreceu a especificação em nível, com AIC e, em parte, BIC inferiores à alternativa em diferenças. Os principais resultados são:

- a) forte inércia temporal da série de energia;
- b) efeito negativo contemporâneo da temperatura, parcialmente revertido no período seguinte;
- c) vazão como principal determinante hidrológico, com impacto positivo imediato elevado ($\approx +0,79$) e correção negativa subsequente;
- d) efeitos modestos e, em geral, não significativos das variáveis pluviométricas;
- e) sinal negativo, porém, não significativo, para queimadas;
- f) dummy para 2023 não significativa, sugerindo que o choque climático daquele ano foi, em grande parte, internalizado nos regressores hidrometeorológicos.

O teste de Bounds para BM indicou evidência significativa de cointegração ao nível de 5%, permitindo rejeitar a hipótese nula de ausência de relação de longo prazo entre energia, temperatura, vazão e chuvas. Embora a estatística esteja próxima ao limiar crítico, o resultado legitima a interpretação do ARDL como modelo de correção de erros, combinando dinâmica de curto prazo e equilíbrio de longo prazo.

3.4.2.3 ELASTICIDADES E DIAGNÓSTICOS – USINA BM

As elasticidades de curto prazo indicam:

- a) dominância da vazão como principal determinante da geração;
- b) efeitos estatisticamente frágeis de temperatura e das chuvas;
- c) baixa relevância imediata de queimadas na estrutura dinâmica captada pelo ARDL.

Tabela 11

Variável	Lag	Elasticidade_SR	p_value
LN_252001BM_X13	0	0,004247446	0,869042812
LN_352005BM_X13	0	0,000493148	0,980346322
LN_Queimadas_X13	0	-0,024860011	0,621183986
LN_Temperatura_X13	0	0,151374867	0,882435332
LN_Vazao_X13	0	0,803442136	3,77576E-10
LN_Vazao_X13	1	-0,480576819	0,011440183

No longo prazo, a vazão permanece como variável central, enquanto temperatura, chuvas e queimadas exibem elasticidades de pequena magnitude e baixo significado econômico. Dado que a cointegração é moderada (limiar de 5%), a interpretação dessas elasticidades de longo prazo deve ser cautelosa, como indício de sensibilidade estrutural, não como prova conclusiva.

Tabela 12

Variável	Soma_betas	Denom_1_menos_sumphiY	Elasticidade_LR
LN_Temperatura_X13	0,151374867	0,373719663	0,405049245
LN_Vazao_X13	0,322865317	0,373719663	0,863923816
LN_252001BM_X13	0,004247446	0,373719663	0,011365326
LN_Queimadas_X13	-0,024860011	0,373719663	-0,066520478
LN_352005BM_X13	0,000493148	0,373719663	0,001319566

Os diagnósticos do modelo indicaram estabilidade estrutural (CUSUM e raízes características) e VIFs entre 1,3 e 5,7, sem multicolinearidade severa. A necessidade de erros robustos HCl decorreu de heterocedasticidade (Breusch–Pagan) e não-normalidade (Jarque–Bera), o que foi corrigido na inferência.

3.4.2.4 TESTES DE ESTRESSE – USINA BELO MONTE (BM)

Os testes de estresse individuais e combinados seguiram a mesma metodologia de SA, com choques de $\pm 10\%$ nas variáveis climáticas e hidrológicas durante 2022–2024, reportando-se os resultados de 2022.

Testes individuais

- a) Temperatura (+10%): aumento uniforme de aproximadamente +1,45% na geração, classificado como impacto leve. O sinal positivo é compatível com uma dinâmica em que a temperatura atua como proxy de sazonalidade e demanda no SIN, ainda que, do ponto de vista físico, aumentos de temperatura sejam associados a maior risco hídrico no longo prazo.**
- b) Vazão (-10%): redução constante de cerca de -3,34%, impacto moderado, confirmando a dependência da usina ao regime de vazões.**
- c) Chuvas – posto 252001BM (-10%): queda de -0,04%, impacto leve e praticamente irrelevante.**

- d) **Queimadas (+10%): redução de -0,24%, impacto leve, sugerindo efeito ambiental adverso, porém de baixa magnitude no horizonte analisado.**
- e) **Chuvas – posto 352005BM (-10%): queda de -0,01%, impacto desprezível.**

Teste combinado

O cenário combinado com aumento de queimadas em 10%, redução de 10% na vazão e de 10% na chuva do posto 252001BM gerou uma queda média de -3,62% na geração, classificada como impacto moderado. O efeito combinado foi mais severo do que os choques isolados de queimadas e chuvas, aproximando-se do impacto da vazão, demonstrando que interações entre estressores hidrológicos e ambientais ampliam a vulnerabilidade da usina.

3.4.3 COMPARAÇÃO ENTRE USINAS SANTO ANTÔNIO (SA) E BELO MONTE (BM)

A comparação entre os resultados de SA e BM revela um quadro de dependência estrutural comum da vazão e da temperatura, com diferenças importantes na intensidade e na forma de transmissão dos choques:

- a) **Em ambas as usinas, a vazão emerge como principal determinante da geração, com impacto positivo contemporâneo robusto;**
- b) **Em SA, a temperatura atua como fator nitidamente adverso, reduzindo a geração e apresentando o teste de estresse mais severo (-5,6%); em BM, o efeito de curto prazo é mais ambíguo, com impacto de +1,45% no estresse, sugerindo papel mais associado à sazonalidade e à demanda do sistema;**
- c) **As chuvas exercem papel mais relevante e diferenciado em SA (com três postos pluviométricos relevantes) do que em BM, onde apenas alguns postos apresentam influência marginal;**
- d) **Os testes de Johansen confirmam cointegração em ambas as usinas, mas o teste de Bounds revela cointegração mais robusta em BM e apenas marginal em SA, indicando maior solidez do equilíbrio de longo prazo em Belo Monte;**
- e) **Os cenários de estresse combinados apontam impacto mais severo em SA (-7,17%) do que em BM (-3,62%), sinalizando**

maior vulnerabilidade de Santo Antônio a choques simultâneos de temperatura, vazão e precipitação.

Esses resultados refletem diferenças estruturais entre as usinas: BM, com maior capacidade de regularização e operação a fio d'água acoplada ao SIN, apresenta dinâmica mais amortecida e dominada pela vazão; SA, por sua vez, mostra-se mais sensível a variações térmicas e à heterogeneidade espacial da chuva, o que a torna mais vulnerável a cenários de seca combinada.

Observa-se que apenas os resultados e tabelas mais relevantes foram apresentados nesta seção, de modo a preservar a clareza e objetividade da análise. As tabelas completas encontram-se disponíveis no Apêndice.



4

IMPACTO DE CHOQUES DE ENERGIA SOBRE RECEITA E RISCO DE CRÉDITO EM USINAS HIDRELÉTRICAS DA BACIA AMAZÔNICA

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E OBJETIVO DA ANÁLISE

A literatura recente sobre “risco climático sistêmico” (e.g., *Network for Greening the Financial System* – NGFS; organismos reguladores nacionais) reforça a necessidade de instrumentos de estresse para avaliar a robustez financeira de ativos intensivos em recursos naturais. Com base nisso, testamos como reduções ou variações na geração física impactam a receita de vendas e, conseqüentemente, o risco de crédito das empresas, sob o pressuposto de choques hidrológicos adversos.

4.2 MODELO DE ELASTICIDADE RECEITA-GERAÇÃO E PREPARAÇÃO DOS DADOS

Para quantificar a sensibilidade da receita frente às variações da geração, estimou-se um modelo log-linear simples onde a Receita de Vendas (RV) depende da energia gerada (Energia). A especificação adotada foi:

$$\ln(RV_t) = \alpha + \beta \cdot \ln(Energia_t) + \varepsilon_t \quad (1)$$

O coeficiente β representa a elasticidade da receita em relação à geração: $\beta > 0$ indica que aumento na geração eleva a receita em proporção; $\beta < 0$ sugere ajustes de preço, contratos ou estruturas de comercialização que compensam o volume. As regressões foram realizadas por MQO, com erros robustos (HCl) e correção para autocorrelação e heterocedasticidade (HAC, Newey–West), garantindo inferência confiável mesmo com características típicas de séries financeiras.

As séries financeiras originalmente trimestrais foram mensalizadas por meio do método de Denton–Cholette, assegurando consistência temporal e preservando os totais agregados dos trimestres originais. Essa conversão permitiu combinar dados

contábeis mensais com séries de geração e variáveis climáticas/hidrológicas também mensais, mantendo a integridade estatística e evitando distorções por agregação.

Com a elasticidade estimada, foram aplicados choques ponderados à geração ($\pm 10\%$), simulando cenários de estresse hidrológico e climático. Os impactos simulados foram projetados para a receita de vendas, e a partir deles calculou-se o indicador de risco de crédito climático-operacional (*Revenue-at-Risk*, RaR10).

4.3 PRINCIPAIS RESULTADOS

4.3.1 ELASTICIDADES ESTIMADAS E COMPORTAMENTO DIFERENCIADO DAS USINAS

As estimativas revelaram comportamento distinto para cada usina:

Para SA, $\beta \approx -0,0418$, estatisticamente significativo, indica que aumentos na geração não se traduzem em elevação proporcional da receita — sugerindo existência de mecanismos de ajuste de preço, contratos indexados ou amortização de receitas em períodos de maior produção.

Para BM, $\beta \approx +0,441$ mostra uma relação direta e proporcional entre geração e receita, evidenciando dependência mais rígida do volume físico.

Essa divergência reflete diferenças operacionais, hidrológicas e contratuais entre os empreendimentos, bem como distinta exposição aos riscos hidrológicos e de mercado.

4.3.2 RESULTADOS SOB CENÁRIOS DE ESTRESSE E IMPACTO NA RECEITA LÍQUIDA

Sob o cenário de choque de -10% na geração:

Em SA, a receita líquida projetada apresentou estabilidade ou leve ganho, sugerindo resiliência financeira e capacidade de amortecer choques volumétricos.

Em BM, observou-se redução significativa da receita líquida, indicando vulnerabilidade operacional e financeira diante de secas ou restrições hidrológicas.

As simulações evidenciaram que os choques de geração podem gerar efeitos assimétricos entre usinas da mesma bacia ou região — resultado compatível com distinções hidrológicas, contratuais e estruturais.

Tabela 13

Usina	RL Base (R\$ mi)	RL Estressada (R\$ mi)	Varição RL (R\$ mi)	Varição RL (%)
SA	37,06	49,32	12,26	33,09%
BM	42,36	30,92	-11,44	-27,00%

4.3.3 INDICADOR DE RISCO DE CRÉDITO CLIMÁTICO-OPERACIONAL (RAR10)

A partir das elasticidades estimadas, o RaR10 para choque de 10 % revelou resultados contrastantes:

SA registrou RaR10 $\approx -0,44$ %, estatisticamente não significativo, sinalizando resiliência e baixo risco de crédito sob variações moderadas de geração.

BM apresentou RaR10 $\approx +4,54$ %, estatisticamente significativo, denotando risco moderado de crédito, com forte dependência da geração física para manutenção da receita.

Dessa forma, o RaR10 se mostra uma métrica útil para quantificar a vulnerabilidade financeira de hidrelétricas sob estresse hidrológico, possibilitando comparações entre ativos de diferentes características regionais, operacionais ou contratuais.

4.4 INTERPRETAÇÃO E IMPLICAÇÕES

Os resultados sugerem que a exposição ao risco climático-hidrológico não é homogênea entre usinas da Amazônia: enquanto SA apresenta flexibilidade contratual e estrutura que permite amortecer variações na geração, BM evidencia dependência rígida do volume físico e maior sensibilidade a eventos extremos. Esse contraste está em consonância com as premissas da literatura sobre risco climático sistêmico, que alerta para a necessidade de incorporar cenários

estressados ao gerenciamento de risco corporativo e à regulação do setor elétrico.

A evidência empírica indica que instrumentos de mitigação — como contratos de longo prazo, garantias contratuais, derivativos de energia ou seguros parametrizados — podem exercer papel decisivo na resiliência financeira de hidrelétricas expostas a alta variabilidade hidrológica. Em contextos de mudanças climáticas e maior incerteza de vazões, tais instrumentos se tornam ainda mais relevantes para a sustentabilidade e solvência de ativos energéticos.

4.5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Esse exercício apresenta limitações inerentes à natureza exploratória e à disponibilidade de dados: a amostra é restrita a duas usinas e 106 observações mensais; a mensuração das demonstrações contábeis por Denton–Cholette, embora robusta, implica pressupostos de suavidade de variabilidade intra-trimestral; e os diagnósticos econométricos indicaram heterocedasticidade e autocorrelação nos resíduos, exigindo o uso de estimadores robustos, o que pode reduzir a eficiência das estimativas.

Além disso, o modelo log-linear empregado considera apenas receita e geração — não incorpora variáveis de preço médio, portfólio de contratos, estrutura de custos ou outras fontes de receita/não-recuperação de custo, o que pode limitar a capacidade de capturar todos os canais de risco.

4.6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os resultados desse exercício evidenciam que choques hidrológicos e climáticos podem gerar efeitos assimétricos sobre a receita e o risco de crédito de hidrelétricas amazônicas, dependendo da estrutura operacional, hidrológica e contratual de cada empreendimento. A métrica RaR10 mostrou-se útil como *proxy* de risco climático-operacional, permitindo comparações entre ativos e auxiliando na identificação de vulnerabilidades específicas.

Para o fortalecimento da robustez analítica e para generalização dos resultados, recomenda-se que futuras pesquisas: (i) ampliem a amostra para outras usinas e bacias; (ii) incorporem variáveis de preço, custo, fluxo de caixa livre, contratos e portfólio comercial; (iii) utilizem

modelos multivariados que permitam captar interações entre clima, regulação, mercado e finanças; e (iv) analisem cenários de longo prazo sob diferentes trajetórias de mudança climática.

Esses avanços podem oferecer subsídios técnicos relevantes para a formulação de políticas públicas, regulação setorial e instrumentos de gestão de risco climático adaptados ao setor elétrico brasileiro, contribuindo para a resiliência financeira da matriz energética em um contexto de crescente variabilidade hidrológica.



5

5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 SÍNTESE DOS PRINCIPAIS ACHADOS

No caso da usina Santo Antônio Energia (SA), a elasticidade estimada entre receita e geração ($\beta \approx -0,0418$) indica que aumentos na produção tendem a ser acompanhados por redução no preço médio de comercialização, permitindo compensação parcial em cenários de queda de geração. Em termos práticos, choques negativos não se traduzem, em média, em perdas relevantes de receita, evidenciando resiliência financeira e menor vulnerabilidade de crédito.

Por outro lado, a usina Belo Monte Energia (BM) apresentou elasticidade positiva e elevada ($\beta \approx + 0,441$), revelando relação direta e proporcional entre redução de geração e queda de receita. As simulações de estresse apontaram perdas de Receita Líquida próximas a -27% sob choques hídricos severos, sem mecanismos compensatórios via preço médio ou contratos, o que reforça sua dependência do volume físico e maior risco de crédito.

A comparação entre SA e BM demonstra que usinas submetidas ao mesmo contexto climático regional podem exibir perfis de risco substancialmente distintos, condicionados por estrutura contratual, gestão de risco e previsibilidade hidrológica.

Essas conclusões convergem com as classificações da *Fitch Ratings* (2024–2025): SA manteve rating 'AAA (bra)', enquanto BM permaneceu em 'AA-(bra)', refletindo exposição hidrológica persistente. Essa validação externa reforça a robustez metodológica e a credibilidade empírica dos achados.

Apesar da consistência, o estudo é exploratório, com amostra restrita e diagnósticos de heterocedasticidade e autocorrelação, recomendando cautela na generalização e a expansão futura para outras usinas e variáveis financeiras.

5.2 HETEROGENEIDADE ENTRE USINAS E RISCO DE CRÉDITO

No caso da usina Santo Antônio Energia (SA), a elasticidade estimada entre receita e geração ($\beta \approx -0,0418$) indica que aumentos na produção tendem a ser acompanhados por redução no preço médio de comercialização, permitindo compensação parcial em cenários de queda de geração. Em termos práticos, choques negativos não se traduzem, em média, em perdas relevantes de receita, evidenciando resiliência financeira e menor vulnerabilidade de crédito. Essa conclusão é corroborada pelo indicador *Revenue-at-Risk* (RaR10), calculado para um choque de 10%, cujo resultado foi $-0,44\%$ ($R^2 = 0,60$; $p = 0,595$), estatisticamente não significativo, reforçando a neutralidade de risco e baixa sensibilidade a choques hidrológicos moderados.

Por outro lado, a Belo Monte Energia (BM) apresentou elasticidade positiva e elevada ($\beta \approx +0,441$), revelando relação direta e proporcional entre redução de geração e queda de receita. As simulações de estresse apontaram perdas de Receita Líquida próximas a -27% sob choques hídricos severos, sem mecanismos compensatórios via preço médio ou contratos, o que reforça sua dependência do volume físico e maior risco de crédito. O indicador RaR10 para BM foi $+4,54\%$ ($R^2 = 0,42$; $p = 0,0049$), classificado como risco moderado (2–5%), com significância estatística, evidenciando aumento do risco de crédito em cenários adversos.

A comparação entre SA e BM demonstra que usinas submetidas ao mesmo contexto climático regional podem exibir perfis de risco substancialmente distintos, condicionados por estrutura contratual, gestão de risco e previsibilidade hidrológica. Essas conclusões convergem com as classificações da *Fitch Ratings* (2024–2025): SA manteve rating 'AAA (bra)' enquanto BM permaneceu em 'AA-(bra)', refletindo exposição hidrológica persistente. Essa validação externa reforça a robustez metodológica e a credibilidade empírica dos achados.

Apesar da consistência, o estudo é exploratório, com amostra restrita e diagnósticos de heterocedasticidade e autocorrelação, recomendando cautela na generalização e expansão futura para outras usinas e variáveis financeiras.

5.3 IMPLICAÇÕES DE POLÍTICA E DE REGULAÇÃO

Os achados do estudo convergem com a agenda internacional de integração do risco climático às práticas de supervisão prudencial e gestão financeira, promovida por organismos multilaterais e autoridades nacionais. Em consonância com o Banco Central do Brasil, o *Network for Greening the Financial System* (NGFS) e a *International Energy Agency* (IEA), destacam-se três implicações principais:

Incorporação de testes de estresse climático nos processos de avaliação de risco de crédito de ativos de infraestrutura energética, com cenários de seca, variações de vazão e eventos extremos de temperatura, reconhecimento do setor hidrelétrico como segmento de alta exposição a riscos físicos, demandando métricas padronizadas de vulnerabilidade e transparência de dados climáticos e integração entre supervisão financeira e regulação setorial, para que cenários climáticos e projeções hidrológicas sejam considerados nos modelos de solvência, capital e estabilidade financeira.

Essas implicações sugerem que o risco climático deve ser tratado como dimensão prudencial e não apenas ambiental, reforçando sua relevância para a estabilidade financeira e para a formulação de políticas públicas.

5.3.1 INTEGRAÇÃO COM O ACORDO DE BASILEIA E SUPERVISÃO PRUDENCIAL CLIMÁTICA

Em âmbito internacional, o Acordo de Basileia III e as atualizações conduzidas pelo *Basel Committee on Banking Supervision* (BCBS, 2021; 2023) incorporam progressivamente o risco climático às estruturas de capital regulatório e de testes de estresse bancário. O Comitê reconhece que riscos físicos — como secas prolongadas, enchentes e eventos térmicos extremos — podem afetar simultaneamente a solvência de devedores, o valor de garantias e o desempenho de ativos financeiros, tornando o risco climático um vetor transversal de risco de crédito, de mercado e operacional.

Nessa perspectiva, os resultados deste estudo alinham-se à evolução regulatória global, ao propor uma métrica empírica operacional (RaR10) capaz de traduzir choques físicos em impactos financeiros mensuráveis, complementando o arcabouço prudencial de Basileia.

Para o Banco Central do Brasil, que segue o processo de convergência com os padrões de Basileia III/IV, tais evidências reforçam a necessidade de os agentes financeiros incorporarem variáveis climáticas nos modelos internos de risco, sobretudo em setores intensivos em recursos naturais, como o elétrico. Assim, os resultados desta pesquisa oferecem suporte técnico à operacionalização das diretrizes de Basileia no contexto do risco climático de crédito e dos testes de estresse prudenciais setoriais, fortalecendo a governança e a resiliência do sistema financeiro nacional.

5.4 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS PARA EMPRESAS E INSTITUIÇÕES FINANCEIRAS

Do ponto de vista microeconômico e gerencial, os resultados sugerem recomendações específicas:

Para as empresas hidrelétricas: implementar sistemas integrados de monitoramento climático-hidrológico, conectados à gestão financeira e de risco; adotar instrumentos de hedge climático e financeiro, como derivativos de energia e seguros paramétricos e reavaliar a composição e o prazo de contratos de venda, ajustando o portfólio à variabilidade hidrológica.

Para instituições financeiras e investidores: incluir métricas de risco climático-hidrológico nos modelos internos de rating e precificação de crédito; empregar indicadores como o RaR10 como parâmetro de resiliência financeira sob choques de geração e desenvolver estruturas de financiamento e garantias climáticas que incentivem a diversificação e a adaptação hídrica.

Essas recomendações reforçam a importância de alinhar práticas empresariais e financeiras às metas prudenciais de Basileia, internalizando o risco climático nos processos de gestão, concessão de crédito e regulação setorial.

5.5 AGENDA DE PESQUISA FUTURA

Os resultados abrem espaço para uma agenda de pesquisa mais ampla na interface entre clima, hidrologia e finanças corporativas, com destaque para: ampliação da amostra para outras bacias e empreendimentos; inclusão de variáveis financeiras adicionais, como endividamento, custo de capital e estrutura contratual; aplicação de

modelos dinâmicos multivariados (ARDL, VECM, VAR) com análise de efeitos cumulativos e não lineares e estudos comparativos internacionais para posicionar o caso amazônico no debate global sobre risco climático-financeiro.

5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, o estudo demonstrou que choques climáticos e hidrológicos reconfiguram o perfil de risco de crédito das hidrelétricas amazônicas, sendo a vulnerabilidade determinada pela interação entre condições físicas, estrutura contratual e práticas de gestão financeira.

A Santo Antônio Energia (SA) apresentou resiliência, enquanto a Belo Monte Energia (BM) exibiu maior vulnerabilidade, confirmando a assimetria de exposição dentro de um mesmo contexto regional. A métrica RaR10 mostrou-se eficaz como indicador sintético de risco climático-operacional, com potencial de aplicação regulatória e corporativa.

Ao propor um elo empírico entre risco climático e estabilidade financeira, o trabalho contribui para a literatura ao articular a dimensão ambiental às estruturas prudenciais de Basileia, oferecendo um modelo metodológico que integra econometria aplicada, finanças sustentáveis e políticas públicas.

Portanto, reforça-se que a transição para uma matriz energética resiliente não depende apenas da diversificação tecnológica, mas também da integração do risco climático nos instrumentos de crédito, regulação e gestão financeira, consolidando a convergência entre sustentabilidade ambiental e estabilidade macrofinanceira.



REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

ADU-POKU, Collins; WU, Yue; XU, Lian; WANG, Bin; ASANTE, Benard. Hydropower generation and climate change: a global bibliometric and systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 192, p. 114088, 2024.

AKAICKE, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, v. 19, n. 6, p. 716–723, 1974.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Relatório sobre a gestão de recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2002.

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB. Relatório de Riscos e Oportunidades Sociais, Ambientais e Climáticas (RSA 2023). Brasília: BCB, 2023.

BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION – BCBS. Principles for the effective management and supervision of climate-related financial risks. Basel: Bank for International Settlements, 2021

BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION – BCBS. Principles for the effective management and supervision of climate-related financial risks. Basel: Bank for International Settlements, 2023

BATTISTON, S.; MANDEL, A.; MONASTERIO, E.; SCHÄFER, M.; TASSO, C. A climate stress-test of the financial system. *Nature Climate Change*, v. 7, n. 4, p. 283–288, 2016.

DENARO, M.; et al. Hydropower resilience to climate stress: lessons from Amazon basin. *Energy Economics*, v. 105, p. 105247, 2022.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica*, v. 49, p. 1057–1072, 1979.

ENDERS, W. *Applied Econometric Time Series*. 4. ed. Hoboken: Wiley, 2015.

ESPINOZA, J. C.; et al. The recent Amazon droughts: causes and consequences. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, v. 8, p. 36–57, 2016.

ESPINOZA, J. C.; et al. Amazon basin drought 2023–2024: attribution and hydrological impacts. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 2024.

EPE, 2006/2025.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *The State of Food and Agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient*. Roma: FAO, 2021.

FITCH RATINGS. Fitch eleva 1ª e 3ª emissões de debêntures da Santo Antônio Energia (SAESA) para 'AAA(bra)'; perspectiva estável. Rio de Janeiro: Fitch Ratings, 8 fev. 2024.

FITCH RATINGS. Fitch reafirma rating da 1ª emissão de debêntures da Santo Antônio Energia (SAESA) em 'AAA(bra)'; perspectiva estável. Rio de Janeiro: Fitch Ratings, 28 jan. 2025.

FITCH RATINGS. Fitch reafirma rating da 2ª emissão de debêntures da Belo Monte Energia S.A. em 'AA-(bra)'; perspectiva estável. Rio de Janeiro: Fitch Ratings, 10 out. 2024.

FITCH RATINGS. Fitch reafirma rating da 2ª emissão de debêntures da Belo Monte Energia S.A. em 'AA-(bra)'; perspectiva estável. Rio de Janeiro: Fitch Ratings, 30 jan. 2025.

HAMILTON, J. D. *Time Series Analysis*. Princeton: Princeton University Press, 1994.

HAMILTON, J. D.; et al. Time series and macroeconomics under climate stress. *Journal of Econometrics*, v. 214, p. 257–273, 2020.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World Energy Outlook 2021*. Paris: OECD/IEA, 2021.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Sixth Assessment Report*. Genebra: IPCC, 2021.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Genebra: IPCC, 2022.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v. 12, p. 231–254, 1988.

JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, v. 52, p. 169–210, 1990.

KILIAN, L.; LÜTKEPOHL, H. *Structural Vector Autoregressive Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

KOTZ, M.; et al. Climate impacts and economic damages: empirical evidence. *Nature Climate Change*, v. 12, p. 111–118, 2022.

KRIPFGANZ, S. ARDL bounds testing: implementation and critical values. *Stata Journal*, v. 23, p. 212–245, 2023.

KUMAR, Arun; SCHEI, Tormod; AHENKORAH, Alfred; CACERES RODRIGUEZ, Rodolfo; DEVERNAY, Jean-Michel; FREITAS, Marcos; HALL, Douglas; KILLINGTVEIT, Ånund; LIU, Zhiyu. Hydropower. In: EDENHOFER, O. et al. (eds.). *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. p. 437–496.

KWIATKOWSKI, D.; et al. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, v. 54, p. 159–178, 1992.

LÜTKEPOHL, H. *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Berlin: Springer, 2005.

MARENGO, J. A.; COSTA, A. C. Secas extremas e eventos hidrológicos críticos na Amazônia: causas, impactos e perspectivas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 38, n. 3, p. 457–472, 2023.

MARENGO, J. A.; COSTA, M. Mudanças climáticas e recursos hídricos no Brasil. *ClimaCom*, v. 10, n. 2, p. 55–70, 2023.

MARENGO, J. A.; et al. The drought of 2014 in São Paulo, Brazil. *Climate Research*, v. 74, p. 89–103, 2018.

NARAYAN, P. K. The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, v. 37, p. 1979–1990, 2005.

NETWORK FOR GREENING THE FINANCIAL SYSTEM – NGFS. *Guide to climate scenario analysis for central banks and supervisors*. 2. ed. Paris: NGFS, 2022.

NKORO, E.; UKO, A. K. Autoregressive Distributed Lag (ARDL) cointegration technique: application and interpretation. *Journal of Statistical and Econometric Methods*, v. 5, n. 4, p. 63–91, 2016.

PEREIRA, A. S.; MARTINS, R. C. Climate risk disclosure and the cost of capital: evidence from the Brazilian energy sector. *Energy Policy*, v. 167, p. 113076, 2022.

PERRON, P. Dealing with structural breaks. In: PERRON, P. (ed.). *Unit Roots, Structural Breaks and Trends*. New York: Springer, 2003. p. 305–353.

PESARAN, M. H.; SHIN, Y. An autoregressive distributed-lag modelling approach to cointegration analysis. In: *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century*. Cambridge University Press, 1995.

PESARAN, M. H.; SHIN, Y.; SMITH, R. J. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, v. 16, p. 289–326, 2001.

PERRON, P. The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica*, v. 57, p. 1361–1401, 1989.

PERRON, P.; YABU, T. Testing for shifts in trend with an integrated or stationary noise component. *Journal of Business & Economic Statistics*, v. 27, n. 3, p. 369–396, 2009.

POLIZEL, Rafael Taranto; LANA PINTO, Victor Henrique. O preço da seca: efeitos de crises hídricas no setor elétrico brasileiro. *Revista de Política Agrícola, Brasília*, v. 33, e01951, 2024.

SCHOENMAKER, Dirk; VAN DIJK, Machiel. *A framework for sustainable finance principles*. Rotterdam: Erasmus Platform for Sustainable Value Creation, Erasmus University Rotterdam, 2023.

SANT'ANNA, A. *Eventos extremos e sustentabilidade no setor elétrico brasileiro*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2023.

TURNER, Sean W. D.; HEJAZI, Mohamad; KIM, Son H.; CLARKE, Leon; EDMONDS, Jae. Climate impacts on hydropower and consequences for global electricity supply investment needs. *Energy*, v. 141, p. 2081–2090, 2017

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – FINANCE INITIATIVE (UNEP FI). Guidelines for climate-related risk management and disclosure for financial institutions. Geneva: UNEP FI, 2021.

WASSERSTEIN, R. L.; LAZAR, N. A. The ASA statement on p-values: context, process, and purpose. *The American Statistician*, v. 70, n. 2, p. 129–133, 2016.

WASSERSTEIN, R. L.; SCHIRM, A. L.; LAZAR, N. A. Moving to a world beyond “ $p < 0.05$ ”. *The American Statistician*, v. 73, n. S1, p. 1–19, 2019.

WWA – WORLD WEATHER ATTRIBUTION. Amazon drought 2023: rapid attribution analysis. Londres: WWA, 2024.

APÊNDICES

APÊNDICES

APÊNDICES

TESTES DE ESTACIONARIEDADE

USINA SA

ADF e KPSS

Variavel	Tipo_ADF	Lags_ADF	ADF_estadistica	ADF_critico	ADF_resultado	KPSS_estadistica	KPSS_critico	KPSS_resultado	Observacoes	Veredito	Confianca_Veredito	Interpretacao
LN_Energia_SA_X13	drift	1	-4,9168	-2,89	Estacionária	0,3666	0,463	Estacionária	106 Estacionária	Alta	Evidência consistente de estacionariedade, com confiabilidade alta.	
LN_Temperatura_SA_X13	drift	3	-2,186	-2,89	Não-Estacionária	0,6669	0,463	Não-Estacionária	106 Não-Estacionária	Alta	Evidência consistente de não-estacionariedade, com confiabilidade alta.	
LN_359001SA_X13	drift	1	-5,3902	-2,89	Estacionária	0,1299	0,463	Estacionária	106 Estacionária	Alta	Evidência consistente de estacionariedade, com confiabilidade alta.	
LN_459000_SA_X13	drift	1	-6,6331	-2,89	Estacionária	0,2157	0,463	Estacionária	106 Estacionária	Alta	Evidência consistente de estacionariedade, com confiabilidade alta.	
LN_459001SA_X13	drift	1	-5,5341	-2,89	Estacionária	0,4183	0,463	Estacionária	106 Estacionária	Alta	Evidência consistente de estacionariedade, com confiabilidade alta.	
LN_560001SA_X13	drift	1	-5,3273	-2,89	Estacionária	0,2385	0,463	Estacionária	106 Estacionária	Alta	Evidência consistente de estacionariedade, com confiabilidade alta.	
LN_560002SA_X13	drift	6	-2,3663	-2,89	Não-Estacionária	0,604	0,463	Não-Estacionária	106 Não-Estacionária	Alta	Evidência consistente de não-estacionariedade, com confiabilidade alta.	
LN_Vazao_X13	drift	1	-3,2372	-2,89	Estacionária	0,7772	0,463	Não-Estacionária	106 Inconclusivo	Média	Diagnóstico inconclusivo quanto à estacionariedade, com confiabilidade média.	
LN_Queimadas_X13	drift	1	-4,8011	-2,89	Estacionária	0,4461	0,463	Estacionária	106 Estacionária	Alta	Evidência consistente de estacionariedade, com confiabilidade alta.	

BAI PERRON

Variavel	Num_Quebras	Pontos_Quebra	Estadistica_Perron	Valor_Critico	Lag_Selecionado	Resultado_Perron	Tipo_Modelo_Perron	AIC_Modelo_A	AIC_Modelo_B	AIC_Modelo_C	R2_Modelo_A	R2_Modelo_B	R2_Modelo_C	Interpretacao
LN_Energia_SA_X13	2	2017-06 2022-11	-5,7203	-4,8	4	Rejeita H0	C	-63,53	-62,09	-67,71	0,3099	0,3004	0,3483	Evidência de estacionariedade após as quebras estruturais.
LN_Temperatura_SA_X13	1	2023-06	-4,7238	-3,96	4	Rejeita H0	A	-580,03	-540,35	-579,96	0,5216	0,3044	0,5256	Evidência de estacionariedade após as quebras estruturais.
LN_359001SA_X13	2	2021-06 2023-06	-4,9458	-4,8	4	Rejeita H0	C	168,9	190,93	149,56	0,1972	0,0117	0,3429	Evidência de estacionariedade após as quebras estruturais.
LN_459000_SA_X13	0	Sem quebra	-5,3505	-2,89	4	Rejeita H0	Sem Quebra							Evidência de estacionariedade (sem quebras detectadas).
LN_459001SA_X13	1	2023-08	-4,882	-3,96	4	Rejeita H0	A	191,82	196,78	191,88	0,0903	0,0466	0,098	Evidência de estacionariedade após as quebras estruturais.
LN_560001SA_X13	0	Sem quebra	-3,605	-2,89	4	Rejeita H0	Sem Quebra							Evidência de estacionariedade (sem quebras detectadas).
LN_560002SA_X13	1	2023-06	-5,0877	-4,8	4	Rejeita H0	C	217,14	227,44	212,01	0,1362	0,0481	0,1845	Evidência de estacionariedade após as quebras estruturais.
LN_Vazao_X13	2	2017-06 2020-02	-4,1782	-4,8	4	Não Rejeita H0	C	-68,06	-63,01	-75,67	0,4866	0,4615	0,5306	Evidência de não-estacionariedade persistente mesmo após as quebras.
LN_Queimadas_X13	1	2023-09	-4,4923	-3,96	4	Rejeita H0	A	71,23	83,79	71,78	0,2304	0,1336	0,2334	Evidência de estacionariedade após as quebras estruturais.

PERRON YABU

Variavel	Num_Quebras	Pontos_Quebra	Tipo_Quebra	Estadistica_PY	Valor_Critico	Num_Lags	Resultado_PerronYabu	Interpretacao
LN_Energia_SA_X13	2	2017-09 2022-11	Quebra no nível e na tendência	-4,7076	-4,25	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS e as quebras estruturais.
LN_Temperatura_SA_X13	1	2023-06	Quebra no nível e na tendência	-4,5846	-4,25	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS e as quebras estruturais.
LN_359001SA_X13	1	2023-06	Quebra no nível e na tendência	-4,5557	-4,25	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS e as quebras estruturais.
LN_459000_SA_X13	0	Sem quebra	Sem quebra	-5,3202	-2,89	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS (sem quebras detectadas).
LN_459001SA_X13	0	Sem quebra	Sem quebra	-4,2668	-2,89	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS (sem quebras detectadas).
LN_560001SA_X13	0	Sem quebra	Sem quebra	-3,6577	-2,89	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS (sem quebras detectadas).
LN_560002SA_X13	1	2023-06	Quebra no nível e na tendência	-3,9139	-4,25	4	Não Rejeita H0	Evidência de não-estacionariedade persistente mesmo após o ajuste GLS e as quebras.
LN_Vazao_X13	2	2018-10 2020-12	Quebra no nível e na tendência	-4,7128	-4,25	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS e as quebras estruturais.
LN_Queimadas_X13	2	2018-12 2022-04	Quebra no nível e na tendência	-4,0497	-4,25	4	Não Rejeita H0	Evidência de não-estacionariedade persistente mesmo após o ajuste GLS e as quebras.

USINA BM

ADF e KPSS

Variavel	Tipo	ADF	Lags_ADF	ADF_estadistica	ADF_critico	ADF_resultado	KPSS_estadistica	KPSS_critico	KPSS_resultado	Observacoes	Veredito	Confianca_Veredito	Interpretacao
LN_Energia_BM_X13	drift	3		-3,259	-2,89	Estacionária	0,8304	0,463	Não-Estacionária	106	Inconclusivo	Média	Diagnóstico inconclusivo quanto à estacionariedade, com confiabilidade média.
LN_Temperatura_X13	trend	3		-3,0328	-3,45	Não-Estacionária	0,1259	0,146	Estacionária	106	Inconclusivo	Média	Diagnóstico inconclusivo quanto à estacionariedade, com confiabilidade média.
LN_1530008M_X13	drift	1		-5,3446	-2,89	Estacionária	0,1038	0,463	Estacionária	106	Estacionária	Alta	Evidência consistente de estacionariedade, com confiabilidade alta.
LN_2520018M_X13	drift	1		-6,3902	-2,89	Estacionária	0,177	0,463	Estacionária	106	Estacionária	Alta	Evidência consistente de estacionariedade, com confiabilidade alta.
LN_2540108M_X13	drift	2		-4,1145	-2,89	Estacionária	0,1291	0,463	Estacionária	106	Estacionária	Alta	Evidência consistente de estacionariedade, com confiabilidade alta.
LN_2540118M_X13	drift	0		-9,288	-2,89	Estacionária	0,3574	0,463	Estacionária	106	Estacionária	Alta	Evidência consistente de estacionariedade, com confiabilidade alta.
LN_3520058M_X13	drift	4		0,6964	-2,89	Não-Estacionária	0,569	0,463	Não-Estacionária	106	Não-Estacionária	Alta	Evidência consistente de não-estacionariedade, com confiabilidade alta.
LN_Vazao_X13	drift	6		-2,4078	-2,89	Não-Estacionária	0,9058	0,463	Não-Estacionária	106	Não-Estacionária	Alta	Evidência consistente de não-estacionariedade, com confiabilidade alta.
LN_Queimadas_X13	drift	1		-4,8011	-2,89	Estacionária	0,4461	0,463	Estacionária	106	Estacionária	Alta	Evidência consistente de estacionariedade, com confiabilidade alta.

BAI PERRON

Variavel	Num_Quebras	Pontos_Quebra	Estatistica_Perron	Valor_Critico	Lag_Selecionado	Resultado_Perron	Tipo_Modelo_Perron	AIC_Modelo_A	AIC_Modelo_B	AIC_Modelo_C	R2_Modelo_A	R2_Modelo_B	R2_Modelo_C	Interpretacao
LN_Energia_BM_X13	2	2018-03 2023-10	-4,4384	-4,8	4	Não Rejeita H0	C	95,06	98,08	71,66	0,6031	0,5916	0,6873	Evidência de não-estacionariedade persistente mesmo após as quebras.
LN_Temperatura_X13	2	2018-07 2023-01	-4,523	-4,8	4	Não Rejeita H0	C	-557,9	-527,26	-561,85	0,6561	0,5408	0,6745	Evidência de não-estacionariedade persistente mesmo após as quebras.
LN_1530008M_X13	0	Sem quebra	-4,3676	-2,89	4	Rejeita H0	Sem Quebra							Evidência de estacionariedade (sem quebras detectadas).
LN_2520018M_X13	0	Sem quebra	-3,9831	-2,89	4	Rejeita H0	Sem Quebra							Evidência de estacionariedade (sem quebras detectadas).
LN_2540108M_X13	1	2023-07	-4,7043	-4,44	4	Rejeita H0	B	330,78	329,63	330,32	0,1012	0,1108	0,1132	Evidência de estacionariedade após as quebras estruturais.
LN_2540118M_X13	0	Sem quebra	-3,6016	-2,89	4	Rejeita H0	Sem Quebra							Evidência de estacionariedade (sem quebras detectadas).
LN_3520058M_X13	1	2023-07	-3,0856	-4,44	4	Não Rejeita H0	B	165,87	155,5	157,01	0,2264	0,2985	0,2949	Evidência de não-estacionariedade persistente mesmo após as quebras.
LN_Vazao_X13	2	2018-11 2023-10	-4,8984	-4,8	4	Rejeita H0	C	82,85	103,1	74,04	0,6017	0,5179	0,64	Evidência de estacionariedade após as quebras estruturais.
LN_Queimadas_X13	1	2023-09	-4,4923	-3,96	4	Rejeita H0	A	71,23	83,79	71,78	0,2304	0,1336	0,2334	Evidência de estacionariedade após as quebras estruturais.

PERRON YABU

Variavel	Num_Quebras	Pontos_Quebra	Tipo_Quebra_Estimado	Estatistica_PY	Valor_Critico	Num_Lags	Resultado_PerronYabu	Interpretacao
LN_Energia_BM_X13	2	2018-12 2021-10	Quebra no nível e na tendência	-5,4604	-4,25	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS e as quebras estruturais.
LN_Temperatura_X13	2	2018-12 2023-07	Quebra no nível e na tendência	-6,1809	-4,25	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS e as quebras estruturais.
LN_1530008M_X13	0	Sem quebra	Sem quebra	-4,2875	-2,89	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS (sem quebras detectadas).
LN_2520018M_X13	0	Sem quebra	Sem quebra	-3,9372	-2,89	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS (sem quebras detectadas).
LN_2540108M_X13	1	2021-08	Quebra no nível e na tendência	-4,5021	-4,25	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS e as quebras estruturais.
LN_2540118M_X13	0	Sem quebra	Sem quebra	-3,6672	-2,89	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS (sem quebras detectadas).
LN_3520058M_X13	1	2021-06	Quebra no nível e na tendência	-3,2044	-4,25	4	Não Rejeita H0	Evidência de não-estacionariedade persistente mesmo após o ajuste GLS e as quebras estruturais.
LN_Vazao_X13	2	2017-06 2021-10	Quebra no nível e na tendência	-4,9321	-4,25	4	Rejeita H0	Evidência de estacionariedade após o ajuste GLS e as quebras estruturais.
LN_Queimadas_X13	2	2018-12 2022-04	Quebra no nível e na tendência	-4,0497	-4,25	4	Não Rejeita H0	Evidência de não-estacionariedade persistente mesmo após o ajuste GLS e as quebras estruturais.

FILTRO KALMAN – ESTATÍSTICAS – ANTES E DEPOIS

USINA SA

Estacao_SA	Serie	Media	Desvio_Padiao	Mínimo	Maximo
359001_Chuvas	Antes_Kalman	204,4556	123,3842	2,7000	699,4582
359001_Chuvas	Depois_Kalman	204,4556	123,3842	2,7000	699,4582
459001_Chuvas	Antes_Kalman	191,1274	121,3700	0,0000	582,4000
459001_Chuvas	Depois_Kalman	191,1274	121,3700	0,0000	582,4000
560001_Chuvas	Antes_Kalman	175,1377	126,7026	1,7000	654,7000
560001_Chuvas	Depois_Kalman	175,1377	126,7026	1,7000	654,7000
459000_Chuvas	Antes_Kalman	172,3854	102,7352	0,2000	580,9000
459000_Chuvas	Depois_Kalman	172,3854	102,7352	0,2000	580,9000
560002_Chuvas	Antes_Kalman	148,1243	127,3327	0,0000	753,6000
560002_Chuvas	Depois_Kalman	180,9824	117,4527	0,0000	756,6244

USINA BM

Estacao_BM	Serie	Media	Desvio_Padrao	Minimo	Maximo
153000_Chuvvas	Antes_Kalman	145,5657	123,7908	0,0000	584,5000
153000_Chuvvas	Depois_Kalman	145,5657	123,7908	0,0000	584,5000
252001_Chuvvas	Antes_Kalman	173,6803	149,0252	0,0000	752,8000
252001_Chuvvas	Depois_Kalman	173,6803	149,0252	0,0000	752,8000
254010_Chuvvas	Antes_Kalman	156,9750	138,5566	0,0000	551,4000
254010_Chuvvas	Depois_Kalman	156,9750	138,5566	0,0000	551,4000
254011_Chuvvas	Antes_Kalman	161,6610	132,9605	0,0000	667,1000
254011_Chuvvas	Depois_Kalman	161,6610	132,9605	0,0000	667,1000
352005_Chuvvas	Antes_Kalman	183,0237	162,1911	0,0000	968,9000
352005_Chuvvas	Depois_Kalman	183,0237	162,1911	0,0000	968,9000

ESCOLHA VARIÁVEIS

VECM

CRITÉRIOS DE INFORMAÇÃO

USINA SA

Modelo	p	K	N	AIC	BIC	HQ	FPE
ModVECM1nivel	2	9	106	-24,62294053	-20,04611012	-22,82707877	1,9953E-11
ModVAR4pd	4	9	105	-23,76886902	-15,37976954	-19,82760982	9,63862E-11

USINA BM

Modelo	p	K	N	AIC	BIC	HQ	FPE
ModVECM1nivel	2	9	106	-19,14207232	-14,56524192	-17,95299959	2,61092E-09
ModVAR2pd	2	9	105	-18,88438382	-14,74044114	-16,66993739	9,33102E-09

COEFICIENTES CLÁSSICOS

USINA SA

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_Energia_SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I1	0,642246	0,141588	4,536033	0,000019
LN_Energia_SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I1	1,2689	1,049783	1,208725	0,23016
LN_Energia_SA_X13	LN_359001SA_X13.I1	-0,068578	0,038018	-1,803832	0,074843
LN_Energia_SA_X13	LN_459000_SA_X13.I1	0,033022	0,059555	0,554468	0,580732
LN_Energia_SA_X13	LN_459001SA_X13.I1	-0,06061	0,035954	-1,685769	0,095552
LN_Energia_SA_X13	LN_560001SA_X13.I1	0,103673	0,031402	3,301449	0,001414
LN_Energia_SA_X13	LN_560002SA_X13.I1	0,030059	0,028818	1,043064	0,299911
LN_Energia_SA_X13	LN_Vazao_X13.I1	-0,013834	0,135999	-0,101719	0,919222
LN_Energia_SA_X13	LN_Queimadas_X13.I1	0,038047	0,055924	0,680336	0,498162
LN_Energia_SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I2	-0,119175	0,147091	-0,810211	0,420108
LN_Energia_SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I2	-1,158008	1,072001	-1,080231	0,283131
LN_Energia_SA_X13	LN_359001SA_X13.I2	0,035933	0,037275	0,963999	0,337814
LN_Energia_SA_X13	LN_459000_SA_X13.I2	-0,000172	0,049867	-0,003455	0,997251
LN_Energia_SA_X13	LN_459001SA_X13.I2	0,007054	0,046837	0,150614	0,880641
LN_Energia_SA_X13	LN_560001SA_X13.I2	-0,000337	0,034398	-0,00981	0,992196
LN_Energia_SA_X13	LN_560002SA_X13.I2	-0,042693	0,029131	-1,465542	0,146506
LN_Energia_SA_X13	LN_Vazao_X13.I2	0,065909	0,135178	0,487571	0,627124
LN_Energia_SA_X13	LN_Queimadas_X13.I2	-0,052728	0,05476	-0,962895	0,338364
LN_Energia_SA_X13	const	2,675442	4,691226	0,570308	0,569991
LN_Energia_SA_X13	DUMMY 2023	-0,119505	0,059196	-2,018815	0,046696

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_Temperatura_SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I1	-0,012739	0,016147	-0,78891	0,432386
LN_Temperatura_SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I1	0,172372	0,119721	1,43978	0,153646
LN_Temperatura_SA_X13	LN_359001SA_X13.I1	-0,000542	0,004336	-0,125115	0,900732
LN_Temperatura_SA_X13	LN_459000_SA_X13.I1	-0,005959	0,006792	-0,877362	0,382793
LN_Temperatura_SA_X13	LN_459001SA_X13.I1	0,001403	0,0041	0,342087	0,73314
LN_Temperatura_SA_X13	LN_560001SA_X13.I1	-0,003154	0,003581	-0,880577	0,381059
LN_Temperatura_SA_X13	LN_560002SA_X13.I1	0,000868	0,003287	0,264261	0,792226
LN_Temperatura_SA_X13	LN_Vazao_X13.I1	0,014356	0,01551	0,925608	0,357301
LN_Temperatura_SA_X13	LN_Queimadas_X13.I1	0,005959	0,006378	0,934275	0,35284
LN_Temperatura_SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I2	0,014225	0,016775	0,848014	0,39884
LN_Temperatura_SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I2	0,332291	0,122255	2,718025	0,007976
LN_Temperatura_SA_X13	LN_359001SA_X13.I2	-0,001574	0,004251	-0,370243	0,712134
LN_Temperatura_SA_X13	LN_459000_SA_X13.I2	-0,000155	0,005687	-0,027178	0,978382
LN_Temperatura_SA_X13	LN_459001SA_X13.I2	0,002994	0,005341	0,560554	0,576594
LN_Temperatura_SA_X13	LN_560001SA_X13.I2	0,001085	0,003923	0,276488	0,782853
LN_Temperatura_SA_X13	LN_560002SA_X13.I2	0,002534	0,003322	0,762879	0,447673
LN_Temperatura_SA_X13	LN_Vazao_X13.I2	-0,019886	0,015416	-1,289966	0,200602
LN_Temperatura_SA_X13	LN_Queimadas_X13.I2	0,01123	0,006245	1,798306	0,075721
LN_Temperatura_SA_X13	const	1,532553	0,535003	2,864567	0,005274
LN_Temperatura_SA_X13	DUMMY 2023	0,014763	0,006751	2,186863	0,031533

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_359001SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I1	-0,143822	0,445797	-0,322618	0,747787
LN_359001SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I1	-1,077034	3,305304	-0,32585	0,745348
LN_359001SA_X13	LN_359001SA_X13.I1	0,247954	0,119701	2,071445	0,041386
LN_359001SA_X13	LN_459000_SA_X13.I1	0,315418	0,187514	1,682106	0,096262
LN_359001SA_X13	LN_459001SA_X13.I1	0,003599	0,113202	0,031791	0,974714
LN_359001SA_X13	LN_560001SA_X13.I1	0,016405	0,098872	0,165921	0,868618
LN_359001SA_X13	LN_560002SA_X13.I1	-0,097193	0,090735	-1,071175	0,287159
LN_359001SA_X13	LN_Vazao_X13.I1	-0,206631	0,428201	-0,482557	0,630666
LN_359001SA_X13	LN_Queimadas_X13.I1	0,178226	0,176081	1,012187	0,314355
LN_359001SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I2	0,748913	0,463124	1,617089	0,109609
LN_359001SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I2	-7,941179	3,375257	-2,352762	0,020972
LN_359001SA_X13	LN_359001SA_X13.I2	-0,110853	0,117364	-0,944522	0,347612
LN_359001SA_X13	LN_459000_SA_X13.I2	-0,01089	0,157009	-0,069361	0,944867
LN_359001SA_X13	LN_459001SA_X13.I2	-0,353922	0,147468	-2,399985	0,018606
LN_359001SA_X13	LN_560001SA_X13.I2	0,128877	0,108304	1,189951	0,237418
LN_359001SA_X13	LN_560002SA_X13.I2	-0,079954	0,091721	-0,871702	0,385856
LN_359001SA_X13	LN_Vazao_X13.I2	-0,76885	0,425617	-1,806437	0,074431
LN_359001SA_X13	LN_Queimadas_X13.I2	-0,125446	0,172414	-0,727587	0,46889
LN_359001SA_X13	const	38,753521	14,770603	2,623693	0,010329
LN_359001SA_X13	DUMMY 2023	-0,576456	0,186382	-3,092881	0,002691

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_459000_SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I1	-0,927634	0,281158	-3,299329	0,001423
LN_459000_SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I1	-1,920368	2,084613	-0,921211	0,359578
LN_459000_SA_X13	LN_359001SA_X13.I1	-0,032183	0,075494	-0,426299	0,67098
LN_459000_SA_X13	LN_459000_SA_X13.I1	0,23733	0,118263	2,006809	0,047986
LN_459000_SA_X13	LN_459001SA_X13.I1	0,503658	0,071395	7,054508	0
LN_459000_SA_X13	LN_560001SA_X13.I1	-0,103635	0,062357	-1,661952	0,10025
LN_459000_SA_X13	LN_560002SA_X13.I1	-0,060353	0,057226	-1,054643	0,294612
LN_459000_SA_X13	LN_Vazao_X13.I1	0,401623	0,270061	1,487156	0,140718
LN_459000_SA_X13	LN_Queimadas_X13.I1	0,089939	0,111052	0,809884	0,420295
LN_459000_SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I2	0,529751	0,292086	1,813679	0,073298
LN_459000_SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I2	-0,893822	2,128731	-0,419885	0,675642
LN_459000_SA_X13	LN_359001SA_X13.I2	-0,006087	0,07402	-0,082239	0,934652
LN_459000_SA_X13	LN_459000_SA_X13.I2	-0,094451	0,099023	-0,953823	0,34291
LN_459000_SA_X13	LN_459001SA_X13.I2	-0,157994	0,093006	-1,698743	0,093069
LN_459000_SA_X13	LN_560001SA_X13.I2	0,042243	0,068306	0,618441	0,537958
LN_459000_SA_X13	LN_560002SA_X13.I2	0,02624	0,057847	0,453612	0,651278
LN_459000_SA_X13	LN_Vazao_X13.I2	-0,320648	0,268431	-1,194529	0,235633
LN_459000_SA_X13	LN_Queimadas_X13.I2	-0,030181	0,108739	-0,277558	0,782034
LN_459000_SA_X13	const	14,087033	9,315628	1,512194	0,134238
LN_459000_SA_X13	DUMMY 2023	0,073328	0,117548	0,623808	0,534444

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_459001SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I1	-0,448765	0,504821	-0,888958	0,376564
LN_459001SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I1	-0,98406	3,742931	-0,262912	0,793262
LN_459001SA_X13	LN_359001SA_X13.I1	-0,09803	0,13555	-0,723201	0,471565
LN_459001SA_X13	LN_459000_SA_X13.I1	0,20765	0,212341	0,977908	0,330928
LN_459001SA_X13	LN_459001SA_X13.I1	0,166302	0,12819	1,297307	0,198077
LN_459001SA_X13	LN_560001SA_X13.I1	0,069044	0,111963	0,616671	0,53912
LN_459001SA_X13	LN_560002SA_X13.I1	-0,042593	0,102749	-0,414531	0,679542
LN_459001SA_X13	LN_Vazao_X13.I1	-0,118824	0,484895	-0,24505	0,807015
LN_459001SA_X13	LN_Queimadas_X13.I1	-0,167072	0,199394	-0,837897	0,404466
LN_459001SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I2	0,06902	0,524442	0,131607	0,89561
LN_459001SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I2	-1,253151	3,822146	-0,327866	0,743829
LN_459001SA_X13	LN_359001SA_X13.I2	0,377662	0,132903	2,841635	0,005632
LN_459001SA_X13	LN_459000_SA_X13.I2	0,042439	0,177797	0,238692	0,811926
LN_459001SA_X13	LN_459001SA_X13.I2	-0,201944	0,166993	-1,209295	0,229942
LN_459001SA_X13	LN_560001SA_X13.I2	0,124208	0,122644	1,012755	0,314085
LN_459001SA_X13	LN_560002SA_X13.I2	-0,057215	0,103865	-0,550854	0,583196
LN_459001SA_X13	LN_Vazao_X13.I2	0,765647	0,481969	1,588582	0,115912
LN_459001SA_X13	LN_Queimadas_X13.I2	0,174159	0,195241	0,892017	0,374932
LN_459001SA_X13	const	6,045444	16,726251	0,361435	0,718682
LN_459001SA_X13	DUMMY 2023	-0,308574	0,211059	-1,462027	0,147465

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_560001SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I1	-0,410412	0,547056	-0,75022	0,455218
LN_560001SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I1	-1,276946	4,056076	-0,314823	0,753677
LN_560001SA_X13	LN_359001SA_X13.I1	0,029614	0,14689	0,201607	0,840712
LN_560001SA_X13	LN_459000_SA_X13.I1	0,197244	0,230106	0,857187	0,393781
LN_560001SA_X13	LN_459001SA_X13.I1	0,116686	0,138915	0,839981	0,403304
LN_560001SA_X13	LN_560001SA_X13.I1	0,083805	0,12133	0,69072	0,491646
LN_560001SA_X13	LN_560002SA_X13.I1	-0,065227	0,111345	-0,585806	0,559576
LN_560001SA_X13	LN_Vazao_X13.I1	-0,132958	0,525463	-0,25303	0,800863
LN_560001SA_X13	LN_Queimadas_X13.I1	0,298287	0,216076	1,380473	0,171103
LN_560001SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I2	-0,654946	0,568319	-1,152426	0,252415
LN_560001SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I2	-3,368551	4,141918	-0,813283	0,418355
LN_560001SA_X13	LN_359001SA_X13.I2	0,425115	0,144022	2,951728	0,004095
LN_560001SA_X13	LN_459000_SA_X13.I2	0,041333	0,192672	0,214524	0,830659
LN_560001SA_X13	LN_459001SA_X13.I2	0,025515	0,180965	0,140995	0,888211
LN_560001SA_X13	LN_560001SA_X13.I2	0,010973	0,132905	0,082562	0,934396
LN_560001SA_X13	LN_560002SA_X13.I2	-0,146363	0,112555	-1,300365	0,197032
LN_560001SA_X13	LN_Vazao_X13.I2	1,19464	0,522292	2,287304	0,024692
LN_560001SA_X13	LN_Queimadas_X13.I2	-0,163384	0,211576	-0,772225	0,442148
LN_560001SA_X13	const	13,133139	18,12562	0,724562	0,470734
LN_560001SA_X13	DUMMY 2023	-0,25855	0,228717	-1,130438	0,261509

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_560002SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I1	-0,965885	0,534707	-1,806381	0,07444
LN_560002SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I1	0,950066	3,964518	0,239642	0,811191
LN_560002SA_X13	LN_359001SA_X13.I1	-0,553161	0,143574	-3,852781	0,000228
LN_560002SA_X13	LN_459000_SA_X13.I1	0,519653	0,224912	2,310476	0,023314
LN_560002SA_X13	LN_459001SA_X13.I1	0,382051	0,135779	2,813765	0,006097
LN_560002SA_X13	LN_560001SA_X13.I1	-0,244042	0,118591	-2,05784	0,042706
LN_560002SA_X13	LN_560002SA_X13.I1	0,143535	0,108832	1,318874	0,190796
LN_560002SA_X13	LN_Vazao_X13.I1	0,40305	0,513602	0,784751	0,434807
LN_560002SA_X13	LN_Queimadas_X13.I1	0,172572	0,211198	0,817111	0,416176
LN_560002SA_X13	LN_Energia_SA_X13.I2	1,067658	0,55549	1,92201	0,057995
LN_560002SA_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I2	-10,50626	4,048422	-2,595149	0,011156
LN_560002SA_X13	LN_359001SA_X13.I2	0,452306	0,140771	3,213055	0,001863
LN_560002SA_X13	LN_459000_SA_X13.I2	0,095217	0,188322	0,505604	0,614459
LN_560002SA_X13	LN_459001SA_X13.I2	-0,298038	0,17688	-1,684977	0,095705
LN_560002SA_X13	LN_560001SA_X13.I2	0,132868	0,129905	1,022812	0,309334
LN_560002SA_X13	LN_560002SA_X13.I2	-0,333716	0,110014	-3,033391	0,003217
LN_560002SA_X13	LN_Vazao_X13.I2	-0,226376	0,510502	-0,443438	0,658589
LN_560002SA_X13	LN_Queimadas_X13.I2	0,032871	0,2068	0,158948	0,874091
LN_560002SA_X13	const	30,595057	17,716468	1,726928	0,087856
LN_560002SA_X13	DUMMY 2023	-0,73474	0,223554	-3,286639	0,001481

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_Vazao_X13	LN_Energia_SA_X13.I1	0,186435	0,129053	1,444634	0,152281
LN_Vazao_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I1	0,134773	0,956849	0,140851	0,888325
LN_Vazao_X13	LN_359001SA_X13.I1	-0,05925	0,034652	-1,709858	0,090984
LN_Vazao_X13	LN_459000_SA_X13.I1	0,090919	0,054283	1,674901	0,097673
LN_Vazao_X13	LN_459001SA_X13.I1	-0,046745	0,032771	-1,426433	0,15745
LN_Vazao_X13	LN_560001SA_X13.I1	0,024268	0,028622	0,847874	0,398918
LN_Vazao_X13	LN_560002SA_X13.I1	-0,003942	0,026267	-0,150068	0,88107
LN_Vazao_X13	LN_Vazao_X13.I1	0,56744	0,12396	4,577624	0,000016
LN_Vazao_X13	LN_Queimadas_X13.I1	0,029943	0,050973	0,587419	0,558498
LN_Vazao_X13	LN_Energia_SA_X13.I2	-0,348967	0,134069	-2,602885	0,010927
LN_Vazao_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I2	-1,557793	0,9771	-1,594302	0,114624
LN_Vazao_X13	LN_359001SA_X13.I2	0,033064	0,033976	0,973181	0,333257
LN_Vazao_X13	LN_459000_SA_X13.I2	0,018217	0,045452	0,400788	0,689594
LN_Vazao_X13	LN_459001SA_X13.I2	0,028613	0,04269	0,670233	0,504548
LN_Vazao_X13	LN_560001SA_X13.I2	0,010104	0,031353	0,322256	0,748059
LN_Vazao_X13	LN_560002SA_X13.I2	-0,029247	0,026552	-1,101472	0,273837
LN_Vazao_X13	LN_Vazao_X13.I2	0,228473	0,123211	1,854319	0,067203
LN_Vazao_X13	LN_Queimadas_X13.I2	-0,053719	0,049912	-1,076276	0,284885
LN_Vazao_X13	const	7,680296	4,275928	1,796171	0,076063
LN_Vazao_X13	DUMMY 2023	-0,066274	0,053955	-1,228305	0,222763

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_Queimadas_X13	LN_Energia_SA_X13.I1	0,0797	0,272061	0,292948	0,770285
LN_Queimadas_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I1	5,176893	2,017165	2,56642	0,012049
LN_Queimadas_X13	LN_359001SA_X13.I1	0,131425	0,073051	1,799082	0,075597
LN_Queimadas_X13	LN_459000_SA_X13.I1	-0,271394	0,114436	-2,371574	0,019999
LN_Queimadas_X13	LN_459001SA_X13.I1	-0,083317	0,069085	-1,206005	0,231201
LN_Queimadas_X13	LN_560001SA_X13.I1	-0,060914	0,06034	-1,00952	0,315624
LN_Queimadas_X13	LN_560002SA_X13.I1	0,118851	0,055374	2,146329	0,034731
LN_Queimadas_X13	LN_Vazao_X13.I1	0,251084	0,261323	0,960817	0,339402
LN_Queimadas_X13	LN_Queimadas_X13.I1	0,39195	0,107459	3,647447	0,000458
LN_Queimadas_X13	LN_Energia_SA_X13.I2	-0,218928	0,282636	-0,774593	0,440755
LN_Queimadas_X13	LN_Temperatura_SA_X13.I2	2,857204	2,059856	1,38709	0,169084
LN_Queimadas_X13	LN_359001SA_X13.I2	0,06571	0,071625	0,917414	0,361552
LN_Queimadas_X13	LN_459000_SA_X13.I2	0,078427	0,095819	0,818491	0,415393
LN_Queimadas_X13	LN_459001SA_X13.I2	0,112055	0,089997	1,245093	0,21656
LN_Queimadas_X13	LN_560001SA_X13.I2	0,011098	0,066096	0,167914	0,867055
LN_Queimadas_X13	LN_560002SA_X13.I2	-0,064963	0,055976	-1,160564	0,249107
LN_Queimadas_X13	LN_Vazao_X13.I2	0,034437	0,259746	0,132578	0,894844
LN_Queimadas_X13	LN_Queimadas_X13.I2	-0,056289	0,105221	-0,534965	0,594087
LN_Queimadas_X13	const	-22,757702	9,014219	-2,524645	0,013462
LN_Queimadas_X13	DUMMY 2023	0,123827	0,113745	1,088632	0,27943

USINA BM

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_Energia_BM_X13	LN_Energia_BM_X13.l1	0,870116	0,178858	4,864836	0,000005
LN_Energia_BM_X13	LN_Temperatura_X13.l1	5,421123	2,482034	2,184145	0,031739
LN_Energia_BM_X13	LN_153000BM_X13.l1	0,047209	0,063586	0,742436	0,459894
LN_Energia_BM_X13	LN_252001BM_X13.l1	0,023885	0,063903	0,373763	0,709522
LN_Energia_BM_X13	LN_254010BM_X13.l1	0,055055	0,052703	1,044632	0,29919
LN_Energia_BM_X13	LN_254011BM_X13.l1	-0,053333	0,057898	-0,921149	0,359611
LN_Energia_BM_X13	LN_352005BM_X13.l1	0,015397	0,072867	0,211307	0,833159
LN_Energia_BM_X13	LN_Vazao_X13.l1	-0,062344	0,179486	-0,34735	0,729197
LN_Energia_BM_X13	LN_Queimadas_X13.l1	-0,038691	0,11141	-0,347284	0,729246
LN_Energia_BM_X13	LN_Energia_BM_X13.l2	-0,088342	0,189835	-0,465361	0,642877
LN_Energia_BM_X13	LN_Temperatura_X13.l2	-2,542509	2,459816	-1,033618	0,304282
LN_Energia_BM_X13	LN_153000BM_X13.l2	-0,042538	0,059637	-0,713276	0,477652
LN_Energia_BM_X13	LN_252001BM_X13.l2	0,028221	0,060544	0,466131	0,642328
LN_Energia_BM_X13	LN_254010BM_X13.l2	0,023092	0,056823	0,406391	0,685489
LN_Energia_BM_X13	LN_254011BM_X13.l2	-0,023312	0,060863	-0,383021	0,702672
LN_Energia_BM_X13	LN_352005BM_X13.l2	-0,052849	0,076467	-0,691136	0,491385
LN_Energia_BM_X13	LN_Vazao_X13.l2	-0,000095	0,190308	-0,0005	0,999603
LN_Energia_BM_X13	LN_Queimadas_X13.l2	-0,141811	0,104575	-1,35607	0,178711
LN_Energia_BM_X13	const	-6,148198	4,891813	-1,256834	0,212297
LN_Energia_BM_X13	DUMMY 2023	-0,187304	0,114736	-1,63248	0,106322

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_Temperatura_X13	LN_Energia_BM_X13.l1	-0,013895	0,008116	-1,712103	0,090567
LN_Temperatura_X13	LN_Temperatura_X13.l1	0,433089	0,11262	3,845565	0,000233
LN_Temperatura_X13	LN_153000BM_X13.l1	0,002098	0,002885	0,727227	0,469109
LN_Temperatura_X13	LN_252001BM_X13.l1	-0,003696	0,0029	-1,274754	0,205911
LN_Temperatura_X13	LN_254010BM_X13.l1	-0,002782	0,002391	-1,163205	0,24804
LN_Temperatura_X13	LN_254011BM_X13.l1	0,004447	0,002627	1,692857	0,094189
LN_Temperatura_X13	LN_352005BM_X13.l1	0,002544	0,003306	0,769305	0,44387
LN_Temperatura_X13	LN_Vazao_X13.l1	0,01273	0,008144	1,563116	0,121785
LN_Temperatura_X13	LN_Queimadas_X13.l1	-0,00388	0,005055	-0,76745	0,444966
LN_Temperatura_X13	LN_Energia_BM_X13.l2	0,010084	0,008614	1,170749	0,24501
LN_Temperatura_X13	LN_Temperatura_X13.l2	0,291126	0,111612	2,608371	0,010766
LN_Temperatura_X13	LN_153000BM_X13.l2	0,002794	0,002706	1,032494	0,304804
LN_Temperatura_X13	LN_252001BM_X13.l2	-0,001883	0,002747	-0,685283	0,495052
LN_Temperatura_X13	LN_254010BM_X13.l2	-0,003287	0,002578	-1,274886	0,205865
LN_Temperatura_X13	LN_254011BM_X13.l2	0,00318	0,002762	1,151331	0,252863
LN_Temperatura_X13	LN_352005BM_X13.l2	0,002773	0,00347	0,799194	0,426432
LN_Temperatura_X13	LN_Vazao_X13.l2	0,000279	0,008635	0,032256	0,974344
LN_Temperatura_X13	LN_Queimadas_X13.l2	0,006849	0,004745	1,443363	0,152637
LN_Temperatura_X13	const	0,801452	0,221962	3,61076	0,000518
LN_Temperatura_X13	DUMMY 2023	0,012452	0,005206	2,391867	0,018995

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_153000BM_X13	LN_Energia_BM_X13.l1	0,955826	0,588964	1,622893	0,10836
LN_153000BM_X13	LN_Temperatura_X13.l1	9,296185	8,173122	1,137409	0,258601
LN_153000BM_X13	LN_153000BM_X13.l1	-0,286606	0,209384	-1,368802	0,174711
LN_153000BM_X13	LN_252001BM_X13.l1	0,428253	0,210426	2,035166	0,044987
LN_153000BM_X13	LN_254010BM_X13.l1	0,584943	0,173547	3,370517	0,001135
LN_153000BM_X13	LN_254011BM_X13.l1	-0,315315	0,190654	-1,653855	0,10189
LN_153000BM_X13	LN_352005BM_X13.l1	-0,128026	0,239945	-0,533566	0,595051
LN_153000BM_X13	LN_Vazao_X13.l1	-0,788953	0,591032	-1,334874	0,185524
LN_153000BM_X13	LN_Queimadas_X13.l1	-0,484334	0,366863	-1,320203	0,190353
LN_153000BM_X13	LN_Energia_BM_X13.l2	-0,870413	0,625111	-1,392414	0,167472
LN_153000BM_X13	LN_Temperatura_X13.l2	-1,362289	8,099958	-0,168185	0,866842
LN_153000BM_X13	LN_153000BM_X13.l2	-0,153826	0,196379	-0,783311	0,435647
LN_153000BM_X13	LN_252001BM_X13.l2	0,006335	0,199366	0,031773	0,974728
LN_153000BM_X13	LN_254010BM_X13.l2	0,396822	0,187112	2,12077	0,03689
LN_153000BM_X13	LN_254011BM_X13.l2	-0,287896	0,200418	-1,436481	0,15458
LN_153000BM_X13	LN_352005BM_X13.l2	-0,025485	0,2518	-0,101212	0,919624
LN_153000BM_X13	LN_Vazao_X13.l2	0,627933	0,626667	1,00202	0,319212
LN_153000BM_X13	LN_Queimadas_X13.l2	-0,019596	0,344355	-0,056905	0,954756
LN_153000BM_X13	const	-18,461485	16,108313	-1,146084	0,255015
LN_153000BM_X13	DUMMY 2023	-0,258494	0,377814	-0,684184	0,495743

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_252001BM_X13	LN_Energia_BM_X13.l1	0,486163	0,495312	0,981529	0,329151
LN_252001BM_X13	LN_Temperatura_X13.l1	4,029694	6,873503	0,586265	0,55927
LN_252001BM_X13	LN_153000BM_X13.l1	-0,241687	0,17609	-1,372523	0,173554
LN_252001BM_X13	LN_252001BM_X13.l1	0,18781	0,176966	1,061278	0,291605
LN_252001BM_X13	LN_254010BM_X13.l1	0,182776	0,145951	1,252307	0,213933
LN_252001BM_X13	LN_254011BM_X13.l1	0,063934	0,160338	0,398742	0,691095
LN_252001BM_X13	LN_352005BM_X13.l1	0,040699	0,201791	0,201689	0,840648
LN_252001BM_X13	LN_Vazao_X13.l1	-0,281941	0,497051	-0,567227	0,572073
LN_252001BM_X13	LN_Queimadas_X13.l1	-0,386149	0,308528	-1,251585	0,214195
LN_252001BM_X13	LN_Energia_BM_X13.l2	-0,596128	0,525711	-1,133945	0,260043
LN_252001BM_X13	LN_Temperatura_X13.l2	1,342803	6,811973	0,197124	0,844207
LN_252001BM_X13	LN_153000BM_X13.l2	-0,176492	0,165153	-1,068657	0,288286
LN_252001BM_X13	LN_252001BM_X13.l2	-0,006396	0,167664	-0,038148	0,969661
LN_252001BM_X13	LN_254010BM_X13.l2	0,413035	0,157359	2,624793	0,010298
LN_252001BM_X13	LN_254011BM_X13.l2	-0,24355	0,168549	-1,44498	0,152184
LN_252001BM_X13	LN_352005BM_X13.l2	-0,212137	0,211761	-1,001774	0,31933
LN_252001BM_X13	LN_Vazao_X13.l2	0,492324	0,52702	0,934165	0,352896
LN_252001BM_X13	LN_Queimadas_X13.l2	-0,125668	0,289599	-0,433938	0,665446
LN_252001BM_X13	const	-9,950149	13,546908	-0,734496	0,464692
LN_252001BM_X13	DUMMY 2023	-0,386444	0,317737	-1,216236	0,227302

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_254010BM_X13	LN_Energia_BM_X13.l1	1,033102	0,59953	1,723186	0,088534
LN_254010BM_X13	LN_Temperatura_X13.l1	9,722908	8,31974	1,168655	0,245849
LN_254010BM_X13	LN_153000BM_X13.l1	-0,351001	0,21314	-1,646808	0,103334
LN_254010BM_X13	LN_252001BM_X13.l1	0,549959	0,214201	2,567487	0,012015
LN_254010BM_X13	LN_254010BM_X13.l1	0,417886	0,17666	2,365479	0,02031
LN_254010BM_X13	LN_254011BM_X13.l1	-0,277188	0,194075	-1,428254	0,156927
LN_254010BM_X13	LN_352005BM_X13.l1	-0,106422	0,244249	-0,435712	0,664164
LN_254010BM_X13	LN_Vazao_X13.l1	-0,816703	0,601634	-1,357475	0,178266
LN_254010BM_X13	LN_Queimadas_X13.l1	-0,174812	0,373444	-0,468106	0,640921
LN_254010BM_X13	LN_Energia_BM_X13.l2	-1,133383	0,636325	-1,78114	0,078504
LN_254010BM_X13	LN_Temperatura_X13.l2	-0,661265	8,245264	-0,080199	0,936269
LN_254010BM_X13	LN_153000BM_X13.l2	-0,171616	0,199902	-0,858501	0,393059
LN_254010BM_X13	LN_252001BM_X13.l2	-0,107683	0,202942	-0,53061	0,597089
LN_254010BM_X13	LN_254010BM_X13.l2	0,652194	0,190469	3,424155	0,000956
LN_254010BM_X13	LN_254011BM_X13.l2	-0,301706	0,204013	-1,478856	0,142919
LN_254010BM_X13	LN_352005BM_X13.l2	0,061312	0,256317	0,239203	0,811531
LN_254010BM_X13	LN_Vazao_X13.l2	0,867838	0,637909	1,360442	0,17733
LN_254010BM_X13	LN_Queimadas_X13.l2	-0,372126	0,350533	-1,061602	0,291459
LN_254010BM_X13	const	-22,673118	16,397281	-1,382736	0,170411
LN_254010BM_X13	DUMMY 2023	-0,337206	0,384592	-0,876789	0,383102

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_254011BM_X13	LN_Energia_BM_X13.l1	2,280267	0,453951	5,02316	0,000003
LN_254011BM_X13	LN_Temperatura_X13.l1	12,478679	6,299523	1,980893	0,050875
LN_254011BM_X13	LN_153000BM_X13.l1	-0,167728	0,161385	-1,039301	0,301647
LN_254011BM_X13	LN_252001BM_X13.l1	0,122615	0,162188	0,756006	0,451761
LN_254011BM_X13	LN_254010BM_X13.l1	0,424742	0,133763	3,175327	0,002093
LN_254011BM_X13	LN_254011BM_X13.l1	-0,30261	0,146949	-2,059289	0,042564
LN_254011BM_X13	LN_352005BM_X13.l1	0,019035	0,18494	0,102924	0,918268
LN_254011BM_X13	LN_Vazao_X13.l1	-2,018389	0,455544	-4,430721	0,000028
LN_254011BM_X13	LN_Queimadas_X13.l1	-0,337875	0,282764	-1,194901	0,235488
LN_254011BM_X13	LN_Energia_BM_X13.l2	-1,475727	0,481811	-3,062876	0,002945
LN_254011BM_X13	LN_Temperatura_X13.l2	-4,758032	6,243132	-0,762123	0,448121
LN_254011BM_X13	LN_153000BM_X13.l2	-0,080278	0,151362	-0,530372	0,597253
LN_254011BM_X13	LN_252001BM_X13.l2	-0,156216	0,153663	-1,016609	0,312259
LN_254011BM_X13	LN_254010BM_X13.l2	0,287538	0,144219	1,993762	0,049423
LN_254011BM_X13	LN_254011BM_X13.l2	-0,193177	0,154474	-1,250546	0,214572
LN_254011BM_X13	LN_352005BM_X13.l2	0,167895	0,194078	0,865093	0,389452
LN_254011BM_X13	LN_Vazao_X13.l2	1,470829	0,483011	3,045129	0,003106
LN_254011BM_X13	LN_Queimadas_X13.l2	0,07012	0,265416	0,264191	0,79228
LN_254011BM_X13	const	-21,526714	12,415658	-1,733836	0,086616
LN_254011BM_X13	DUMMY 2023	0,209939	0,291204	0,720934	0,472952

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_352005BM_X13	LN_Energia_BM_X13.l1	0,166605	0,318819	0,52257	0,602649
LN_352005BM_X13	LN_Temperatura_X13.l1	3,57753	4,424284	0,808612	0,421022
LN_352005BM_X13	LN_153000BM_X13.l1	-0,172913	0,113344	-1,525561	0,130876
LN_352005BM_X13	LN_252001BM_X13.l1	0,225073	0,113908	1,975911	0,051447
LN_352005BM_X13	LN_254010BM_X13.l1	0,180002	0,093945	1,916038	0,058762
LN_352005BM_X13	LN_254011BM_X13.l1	-0,028507	0,103205	-0,276221	0,783057
LN_352005BM_X13	LN_352005BM_X13.l1	-0,133434	0,129887	-1,027305	0,307226
LN_352005BM_X13	LN_Vazao_X13.l1	-0,240469	0,319938	-0,751612	0,454385
LN_352005BM_X13	LN_Queimadas_X13.l1	-0,134664	0,198591	-0,678096	0,499575
LN_352005BM_X13	LN_Energia_BM_X13.l2	-0,011182	0,338386	-0,033044	0,973718
LN_352005BM_X13	LN_Temperatura_X13.l2	-2,8758	4,384679	-0,655875	0,513697
LN_352005BM_X13	LN_153000BM_X13.l2	-0,138779	0,106304	-1,305492	0,19529
LN_352005BM_X13	LN_252001BM_X13.l2	0,111685	0,107921	1,034873	0,303698
LN_352005BM_X13	LN_254010BM_X13.l2	0,187545	0,101288	1,851606	0,067596
LN_352005BM_X13	LN_254011BM_X13.l2	-0,046794	0,10849	-0,431321	0,66734
LN_352005BM_X13	LN_352005BM_X13.l2	0,106891	0,136305	0,784206	0,435125
LN_352005BM_X13	LN_Vazao_X13.l2	0,052914	0,339228	0,155985	0,876419
LN_352005BM_X13	LN_Queimadas_X13.l2	-0,169711	0,186407	-0,910432	0,3652
LN_352005BM_X13	const	3,643901	8,719771	0,417889	0,677094
LN_352005BM_X13	DUMMY 2023	-0,320454	0,204519	-1,566867	0,120905

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_Vazao_X13	LN_Energia_BM_X13.l1	0,115967	0,175347	0,661357	0,510194
LN_Vazao_X13	LN_Temperatura_X13.l1	2,018643	2,433311	0,829587	0,409124
LN_Vazao_X13	LN_153000BM_X13.l1	-0,051148	0,062338	-0,820492	0,414258
LN_Vazao_X13	LN_252001BM_X13.l1	0,040081	0,062648	0,639774	0,524061
LN_Vazao_X13	LN_254010BM_X13.l1	0,024526	0,051669	0,474669	0,636254
LN_Vazao_X13	LN_254011BM_X13.l1	0,009671	0,056762	0,170385	0,865117
LN_Vazao_X13	LN_352005BM_X13.l1	0,073404	0,071437	1,02754	0,307116
LN_Vazao_X13	LN_Vazao_X13.l1	0,646086	0,175963	3,671722	0,000423
LN_Vazao_X13	LN_Queimadas_X13.l1	-0,044149	0,109223	-0,404215	0,687082
LN_Vazao_X13	LN_Energia_BM_X13.l2	-0,024229	0,186109	-0,130188	0,896729
LN_Vazao_X13	LN_Temperatura_X13.l2	0,342271	2,411528	0,141931	0,887474
LN_Vazao_X13	LN_153000BM_X13.l2	-0,042357	0,058466	-0,724469	0,470791
LN_Vazao_X13	LN_252001BM_X13.l2	-0,023991	0,059355	-0,404199	0,687094
LN_Vazao_X13	LN_254010BM_X13.l2	0,072022	0,055707	1,292858	0,199605
LN_Vazao_X13	LN_254011BM_X13.l2	-0,000998	0,059669	-0,016732	0,98669
LN_Vazao_X13	LN_352005BM_X13.l2	0,000533	0,074966	0,007116	0,994339
LN_Vazao_X13	LN_Vazao_X13.l2	-0,032532	0,186572	-0,174367	0,861996
LN_Vazao_X13	LN_Queimadas_X13.l2	-0,132274	0,102522	-1,290201	0,200521
LN_Vazao_X13	const	-4,723233	4,795784	-0,984872	0,327515
LN_Vazao_X13	DUMMY 2023	-0,179186	0,112483	-1,593004	0,114915

Equacao	Termo	Estimate	Std.Error	t.value	p.value
LN_Queimadas_X13	LN_Energia_BM_X13.l1	-0,239595	0,179455	-1,335131	0,185441
LN_Queimadas_X13	LN_Temperatura_X13.l1	3,593341	2,49031	1,442929	0,152759
LN_Queimadas_X13	LN_153000BM_X13.l1	0,003461	0,063798	0,054246	0,956868
LN_Queimadas_X13	LN_252001BM_X13.l1	-0,069052	0,064116	-1,076987	0,28457
LN_Queimadas_X13	LN_254010BM_X13.l1	-0,017317	0,052879	-0,327493	0,74411
LN_Queimadas_X13	LN_254011BM_X13.l1	0,048838	0,058091	0,840709	0,402898
LN_Queimadas_X13	LN_352005BM_X13.l1	-0,022671	0,07311	-0,3101	0,757253
LN_Queimadas_X13	LN_Vazao_X13.l1	0,20183	0,180084	1,120751	0,265588
LN_Queimadas_X13	LN_Queimadas_X13.l1	0,342765	0,111781	3,066383	0,002914
LN_Queimadas_X13	LN_Energia_BM_X13.l2	0,092434	0,190468	0,485299	0,628728
LN_Queimadas_X13	LN_Temperatura_X13.l2	2,353753	2,468017	0,953702	0,342971
LN_Queimadas_X13	LN_153000BM_X13.l2	0,012789	0,059836	0,213731	0,831275
LN_Queimadas_X13	LN_252001BM_X13.l2	-0,0239	0,060746	-0,393436	0,694994
LN_Queimadas_X13	LN_254010BM_X13.l2	0,037577	0,057012	0,6591	0,511634
LN_Queimadas_X13	LN_254011BM_X13.l2	-0,005224	0,061066	-0,085552	0,932026
LN_Queimadas_X13	LN_352005BM_X13.l2	-0,052853	0,076722	-0,688883	0,492795
LN_Queimadas_X13	LN_Vazao_X13.l2	-0,229444	0,190942	-1,20164	0,23288
LN_Queimadas_X13	LN_Queimadas_X13.l2	-0,076594	0,104923	-0,729996	0,467424
LN_Queimadas_X13	const	-12,176342	4,908124	-2,480855	0,015102
LN_Queimadas_X13	DUMMY 2023	-0,069651	0,115118	-0,605038	0,546785

DIAGNÓSTICOS

USINA SA

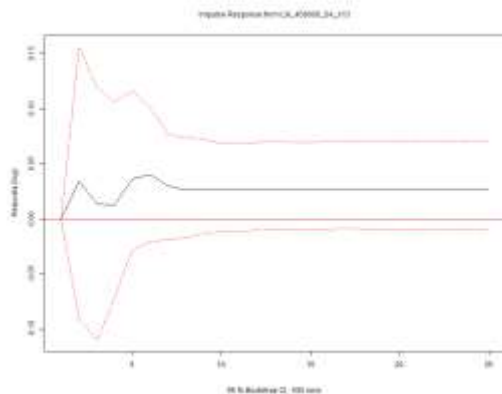
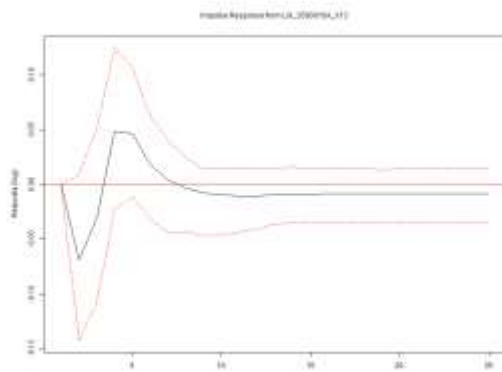
Teste	Chi2	df	p_value	Decisão (5%)
Portmanteau (Autocorrelação dos resíduos)	773,72	819	0,8694	Não rejeita H0 → Sem autocorrelação
ARCH (Heterocedasticidade condicional)	4140	24300	1	Não rejeita H0 → Sem heterocedasticidade condicional
Normalidade - Jarque-Bera multivariado	1624,9	18	0	Rejeita H0 → Resíduos não normais
Normalidade - Assimetria (Skewness)	252,77	9	0	Rejeita H0 → Assimetria significativa
Normalidade - Curtose (Kurtosis)	1372,2	9	0	Rejeita H0 → Curtose excessiva

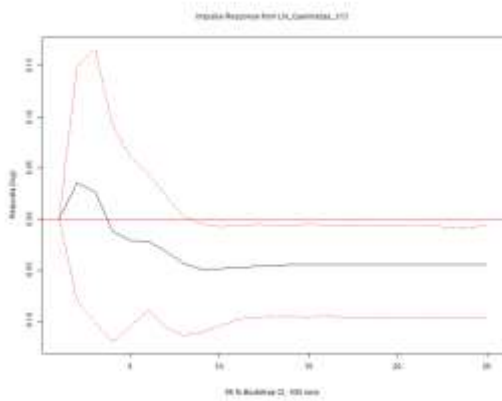
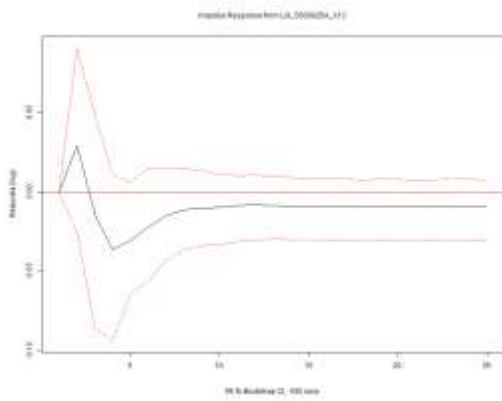
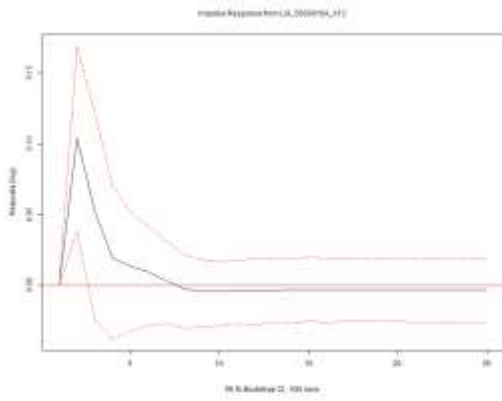
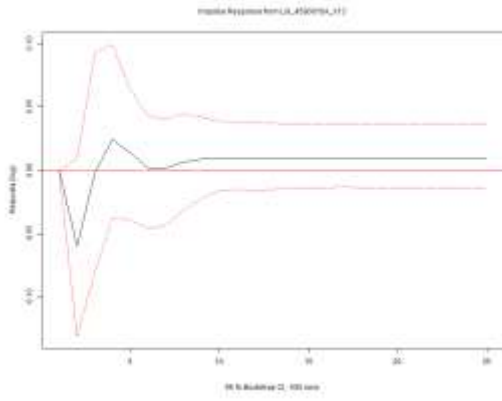
USINA BM

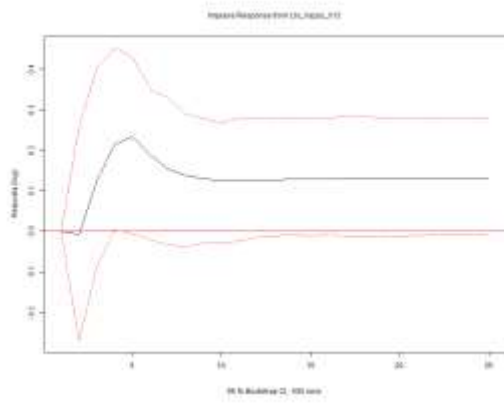
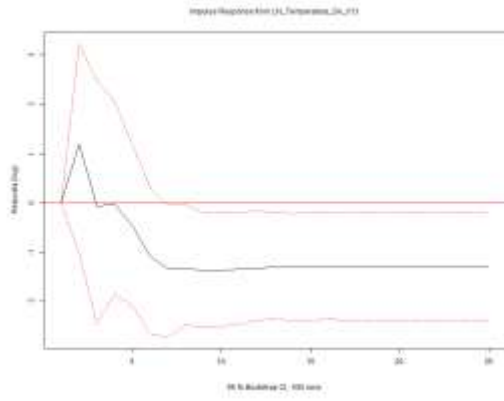
Teste	Chi2	df	p_value	Decisão (5%)
Portmanteau (Autocorrelação dos resíduos)	703,44	819	0,9986	Não rejeita H0 → Sem autocorrelação
ARCH (Heterocedasticidade condicional)	4140	24300	1	Não rejeita H0 → Sem heterocedasticidade condicional
Normalidade - Jarque-Bera multivariado	1698,6	18	0	Rejeita H0 → Resíduos não normais
Normalidade - Assimetria (Skewness)	140,43	9	0	Rejeita H0 → Assimetria significativa
Normalidade - Curtose (Kurtosis)	1558,2	9	0	Rejeita H0 → Curtose excessiva

IRFs

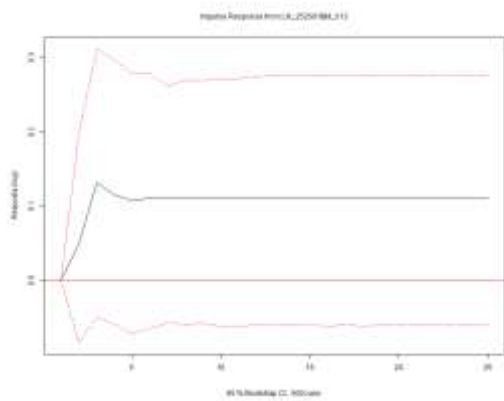
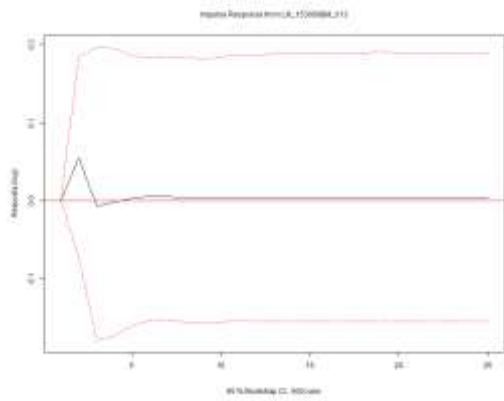
USINA SA

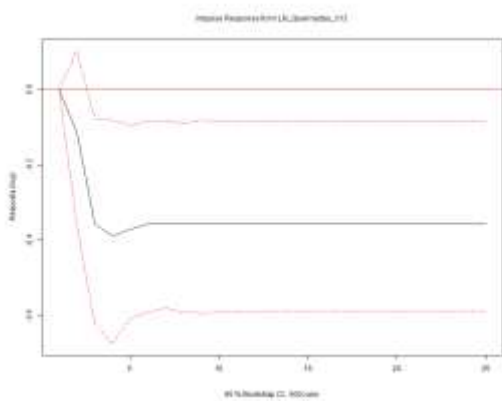
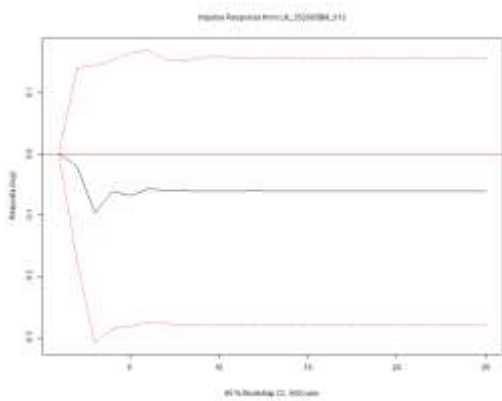
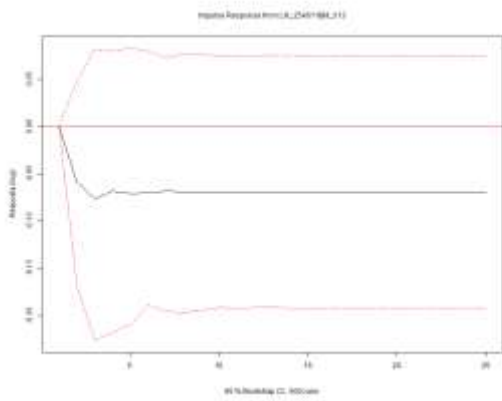
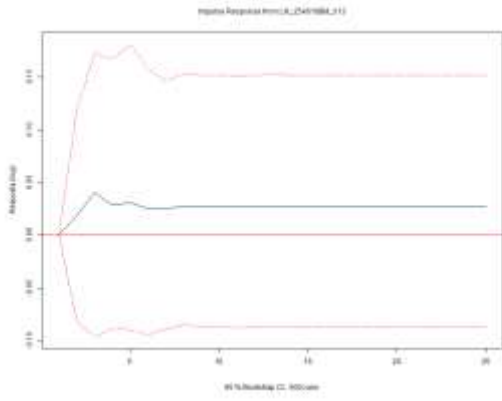


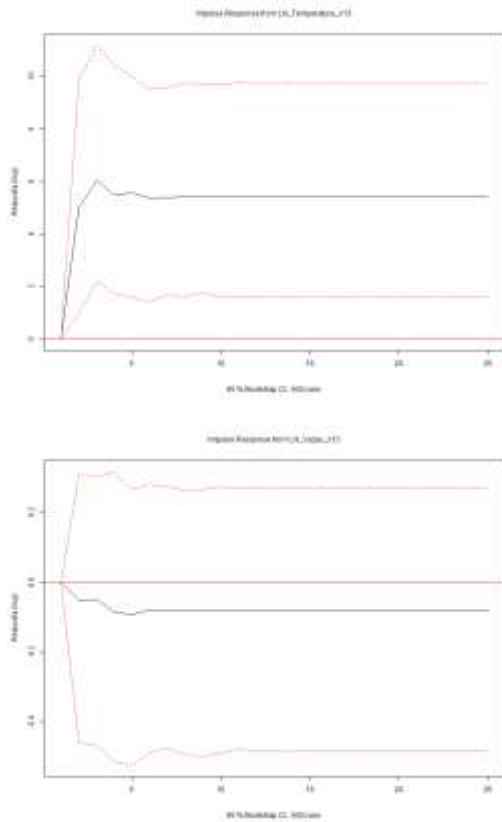




USINA BM







ARDL

CRITÉRIOS DE INFORMAÇÕES

USINA SA

Modo	AIC	BIC
nível	-134,151785	-55,4026002
diff	-127,629115	-62,2511022

USINA BM

Modo	AIC	BIC
nível	-37,4041594	5,05920618
diff	-24,1770267	46,4312272

COEFICIENTES CLÁSSICOS

USINA SA

Termo	Estimativa	SE_OLS	t	p
(Intercept)	1,608872592	3,934386319	0,408925932	0,683791249
L(LN_Energia_SA_X13, 1:3)1	0,70231497	0,102253169	6,868393182	1,82551E-09
L(LN_Energia_SA_X13, 1:3)2	-0,027648779	0,10949301	-0,252516382	0,801351618
L(LN_Energia_SA_X13, 1:3)3	-0,074294239	0,0759313	-0,978440237	0,331088124
L(LN_Temperatura_SA_X13, 0:2)0	-2,405148662	0,744564857	-3,230274222	0,001855459
L(LN_Temperatura_SA_X13, 0:2)1	1,626432096	0,781526588	2,081096307	0,040933314
L(LN_Temperatura_SA_X13, 0:2)2	1,036047957	0,787863852	1,315008874	0,192622877
L(LN_359001SA_X13, 0:4)0	-0,052558114	0,02950425	-1,781374331	0,079010848
L(LN_359001SA_X13, 0:4)1	0,038189858	0,031754667	1,202653413	0,232996788
L(LN_359001SA_X13, 0:4)2	-0,038803835	0,032405875	-1,197432132	0,235011989
L(LN_359001SA_X13, 0:4)3	0,105228264	0,028953087	3,63444016	0,000515314
L(LN_359001SA_X13, 0:4)4	-0,110103799	0,027880627	-3,949114892	0,000179013
L(LN_459000_SA_X13, 0:1)0	0,04377042	0,043465716	1,007010213	0,317256179
L(LN_459000_SA_X13, 0:1)1	-0,054641521	0,043489216	-1,256438385	0,212962941
L(LN_459001SA_X13, 0:2)0	0,068697713	0,024936639	2,754890671	0,007407471
L(LN_459001SA_X13, 0:2)1	-0,085049733	0,033545174	-2,535379075	0,01337394
L(LN_459001SA_X13, 0:2)2	0,054535133	0,031132366	1,751718205	0,084022099
L(LN_560001SA_X13, 0:1)0	-0,052514481	0,022771289	-2,30617074	0,023942736
L(LN_560001SA_X13, 0:1)1	0,05651728	0,024375938	2,318568441	0,023221775
L(LN_560002SA_X13, 0:1)0	0,026819728	0,02740668	0,978583621	0,331017726
L(LN_560002SA_X13, 0:1)1	0,027744222	0,023264721	1,192544782	0,23690969
L(LN_Vazao_X13, 0:1)0	0,408088575	0,091463994	4,461740164	2,89499E-05
L(LN_Vazao_X13, 0:1)1	-0,310904874	0,099809712	-3,114976174	0,002628856
L(LN_Queimadas_X13, 0:4)0	-0,056174206	0,041953451	-1,338965087	0,184736657
L(LN_Queimadas_X13, 0:4)1	0,064884483	0,042313704	1,533415344	0,129496281
L(LN_Queimadas_X13, 0:4)2	-0,00134122	0,043116324	-0,031107012	0,97526909
L(LN_Queimadas_X13, 0:4)3	0,00846343	0,04255004	0,198905342	0,84288974
L(LN_Queimadas_X13, 0:4)4	-0,077589946	0,038395987	-2,020782683	0,046970712
D_YEAR	-0,014508248	0,047374733	-0,306244437	0,760290268

USINA BM

Termo	Estimativa	SE_OLS	t	p
(Intercept)	-2,178142607	2,896056518	-0,752106388	0,453949588
L(LN_Energia_BM_X13, 1:1)	0,636096554	0,082542717	7,706271073	1,63653E-11
L(LN_Temperatura_X13, 0:1)0	-2,478025476	1,432525033	-1,729830488	0,087088618
L(LN_Temperatura_X13, 0:1)1	3,248238587	1,355399917	2,396516738	0,018620638
L(LN_153000BM_X13, 0:1)0	-0,005444894	0,035520024	-0,153290833	0,878512105
L(LN_153000BM_X13, 0:1)1	0,093955426	0,025077845	3,746551018	0,000316078
L(LN_252001BM_X13, 0:0)	0,029180425	0,036237771	0,805248897	0,422798367
L(LN_254010BM_X13, 0:0)	-0,07762377	0,029897451	-2,596334045	0,011004158
L(LN_254011BM_X13, 0:1)0	0,036120013	0,033441837	1,080084617	0,282990427
L(LN_254011BM_X13, 0:1)1	-0,052421326	0,030250245	-1,732922398	0,086534609
L(LN_352005BM_X13, 0:0)	0,009606066	0,040342984	0,238109944	0,812337095
L(LN_Vazao_X13, 0:1)0	0,787116983	0,065851632	11,95288496	2,8019E-20
L(LN_Vazao_X13, 0:1)1	-0,466958443	0,096596242	-4,834126403	5,47814E-06
L(LN_Queimadas_X13, 0:0)	-0,028078371	0,061036313	-0,460027317	0,646606062
D_2023	-0,017085856	0,069885605	-0,244483194	0,807413137

MODELO FINAL

ARDL

USINA SA

CRITÉRIOS DE INFORMAÇÃO

AIC	BIC
-137,852068	-90,6025574

COEFICIENTES CLÁSSICOS

Termo	Estimativa	SE_Robusta	t	p
(Intercept)	3,515501837	2,924540365	1,202069863	0,232674678
L(LN_Energia_SA_X13, 1:2)1	0,695594106	0,094738366	7,342264112	1,1701E-10
L(LN_Energia_SA_X13, 1:2)2	-0,060413614	0,07496959	-0,805841604	0,422582895
L(LN_Temperatura_SA_X13, 0:1)0	-2,308883536	0,626496325	-3,685390389	0,000401052
L(LN_Temperatura_SA_X13, 0:1)1	1,704323641	0,621208239	2,743562521	0,007411998
L(LN_Vazao_X13, 0:1)0	0,395183757	0,087304391	4,526504924	1,93656E-05
L(LN_Vazao_X13, 0:1)1	-0,275217381	0,106919965	-2,574050416	0,011784577
L(LN_359001SA_X13, 0:4)0	-0,039862915	0,016324067	-2,441972054	0,016679988
L(LN_359001SA_X13, 0:4)1	0,026303948	0,015730578	1,672153994	0,098171338
L(LN_359001SA_X13, 0:4)2	-0,049603748	0,024591347	-2,017122064	0,04683849
L(LN_359001SA_X13, 0:4)3	0,121556057	0,041335735	2,940701454	0,004217665
L(LN_359001SA_X13, 0:4)4	-0,105215795	0,030732985	-3,423546209	0,000953246
L(LN_459001SA_X13, 0:2)0	0,074137523	0,028174633	2,631357173	0,010097133
L(LN_459001SA_X13, 0:2)1	-0,067571701	0,025472058	-2,652777453	0,009524833
L(LN_459001SA_X13, 0:2)2	0,032847957	0,021980658	1,494402811	0,138773609
L(LN_560001SA_X13, 0:1)0	-0,037306026	0,020927069	-1,782668465	0,078210649
L(LN_560001SA_X13, 0:1)1	0,05753516	0,021194586	2,71461589	0,008033986

TESTE BOUNDS

Estatistica_F	p.value	Caso
3,194357	0,07135551	2

ELASTICIDADE

CURTO PRAZO

Variavel	Lag	Elasticidade_SR	p_value
LN_359001SA_X13	0	-0,039862915	0,016679988
LN_359001SA_X13	1	0,026303948	0,098171338
LN_359001SA_X13	2	-0,049603748	0,04683849
LN_359001SA_X13	3	0,121556057	0,004217665
LN_359001SA_X13	4	-0,105215795	0,000953246
LN_459001SA_X13	0	0,074137523	0,010097133
LN_459001SA_X13	1	-0,067571701	0,009524833
LN_459001SA_X13	2	0,032847957	0,138773609
LN_560001SA_X13	0	-0,037306026	0,078210649
LN_560001SA_X13	1	0,05753516	0,008033986
LN_Temperatura_SA_X13	0	-2,308883536	0,000401052
LN_Temperatura_SA_X13	1	1,704323641	0,007411998
LN_Vazao_X13	0	0,395183757	1,93656E-05
LN_Vazao_X13	1	-0,275217381	0,011784577

LONGO PRAZO

Variavel	Soma_betas	Denom_1_menos_sumphi	Elasticidade_LR
LN_Temperatura_SA_X13	-0,604559895	0,364819508	-1,657147937
LN_Vazao_X13	0,119966376	0,364819508	0,328837613
LN_359001SA_X13	-0,046822453	0,364819508	-0,128344158
LN_459001SA_X13	0,03941378	0,364819508	0,108036383
LN_560001SA_X13	0,020229134	0,364819508	0,055449705

USINA BM

CRITÉRIOS DE INFORMAÇÃO

AIC	BIC
-25,5335177	-1,64787458

COEFICIENTES CLÁSSICOS

Termo	Estimativa	SE_Robusta	t	p
(Intercept)	0,038488451	3,295488949	0,011679132	0,9907056
L(LN_Energia_BM_X13, 1:1)	0,626280337	0,148460542	4,218496911	5,53292E-05
L(LN_Temperatura_X13, 0)	0,151374867	1,020921828	0,148272731	0,882435332
L(LN_Vazao_X13, 0:1)0	0,803442136	0,115205139	6,974013002	3,77576E-10
L(LN_Vazao_X13, 0:1)1	-0,480576819	0,186411596	-2,578041431	0,011440183
L(LN_252001BM_X13, 0)	0,004247446	0,025693583	0,165311545	0,869042812
L(LN_Queimadas_X13, 0)	-0,024860011	0,050145088	-0,495761631	0,621183986
L(LN_352005BM_X13, 0)	0,000493148	0,019966849	0,024698335	0,980346322

TESTE BOUNDS

Estatistica_F	p.value	Caso
3,905417	0,04269965	3

ELASTICIDADE

CURTO PRAZO

Variavel	Lag	Elasticidade_SR	p_value
LN_252001BM_X13	0	0,004247446	0,869042812
LN_352005BM_X13	0	0,000493148	0,980346322
LN_Queimadas_X13	0	-0,024860011	0,621183986
LN_Temperatura_X13	0	0,151374867	0,882435332
LN_Vazao_X13	0	0,803442136	3,77576E-10
LN_Vazao_X13	1	-0,480576819	0,011440183

LONGO PRAZO

Variavel	Soma_betas	Denom_1_menos_sumphiY	Elasticidade_LR
LN_Temperatura_X13	0,151374867	0,373719663	0,405049245
LN_Vazao_X13	0,322865317	0,373719663	0,863923816
LN_252001BM_X13	0,004247446	0,373719663	0,011365326
LN_Queimadas_X13	-0,024860011	0,373719663	-0,066520478
LN_352005BM_X13	0,000493148	0,373719663	0,001319566

TESTE ESTRESSE INDIVIDUAL

USINA SA

TEMPERATURA (+10%)

Data	Energia_Base	Energia_Estresse	Diferenca	Impacto_Percentual
01/01/2022	7,499849549	7,442228837	-0,057620712	-5,6
01/02/2022	7,582771668	7,525150956	-0,057620712	-5,6
01/03/2022	7,568856385	7,511235673	-0,057620712	-5,6
01/04/2022	7,533177437	7,475556725	-0,057620712	-5,6
01/05/2022	7,413730711	7,356109999	-0,057620712	-5,6
01/06/2022	7,361531128	7,303910416	-0,057620712	-5,6
01/07/2022	7,201934677	7,144313965	-0,057620712	-5,6
01/08/2022	7,477163524	7,419542812	-0,057620712	-5,6
01/09/2022	7,501517398	7,443896685	-0,057620712	-5,6
01/10/2022	7,678917345	7,621296633	-0,057620712	-5,6
01/11/2022	7,504762589	7,447141876	-0,057620712	-5,6
01/12/2022	7,269385921	7,211765209	-0,057620712	-5,6

VAZÃO (-10%)

Data	Energia_Base	Energia_Estresse	Diferenca	Impacto_Percentual
01/01/2022	7,499849549	7,48720983	-0,012639719	-1,26
01/02/2022	7,582771668	7,570131949	-0,012639719	-1,26
01/03/2022	7,568856385	7,556216666	-0,012639719	-1,26
01/04/2022	7,533177437	7,520537718	-0,012639719	-1,26
01/05/2022	7,413730711	7,401090992	-0,012639719	-1,26
01/06/2022	7,361531128	7,348891409	-0,012639719	-1,26
01/07/2022	7,201934677	7,189294958	-0,012639719	-1,26
01/08/2022	7,477163524	7,464523805	-0,012639719	-1,26
01/09/2022	7,501517398	7,488877678	-0,012639719	-1,26
01/10/2022	7,678917345	7,666277626	-0,012639719	-1,26
01/11/2022	7,504762589	7,49212287	-0,012639719	-1,26
01/12/2022	7,269385921	7,256746202	-0,012639719	-1,26

359001 (-10%) – CHUVAS

Data	Energia_Base	Energia_Estresse	Diferenca	Impacto_Percentual
01/01/2022	7,499849549	7,504782787	0,004933238	0,49
01/02/2022	7,582771668	7,587704906	0,004933238	0,49
01/03/2022	7,568856385	7,573789623	0,004933238	0,49
01/04/2022	7,533177437	7,538110675	0,004933238	0,49
01/05/2022	7,413730711	7,418663949	0,004933238	0,49
01/06/2022	7,361531128	7,366464366	0,004933238	0,49
01/07/2022	7,201934677	7,206867915	0,004933238	0,49
01/08/2022	7,477163524	7,482096762	0,004933238	0,49
01/09/2022	7,501517398	7,506450635	0,004933238	0,49
01/10/2022	7,678917345	7,683850583	0,004933238	0,49
01/11/2022	7,504762589	7,509695827	0,004933238	0,49
01/12/2022	7,269385921	7,274319159	0,004933238	0,49

459001 (-10%) – CHUVAS

Data	Energia_Base	Energia_Estresse	Diferenca	Impacto_Percentual
01/01/2022	7,499849549	7,495696893	-0,004152656	-0,41
01/02/2022	7,582771668	7,578619012	-0,004152656	-0,41
01/03/2022	7,568856385	7,564703729	-0,004152656	-0,41
01/04/2022	7,533177437	7,529024781	-0,004152656	-0,41
01/05/2022	7,413730711	7,409578055	-0,004152656	-0,41
01/06/2022	7,361531128	7,357378472	-0,004152656	-0,41
01/07/2022	7,201934677	7,197782021	-0,004152656	-0,41
01/08/2022	7,477163524	7,473010868	-0,004152656	-0,41
01/09/2022	7,501517398	7,497364741	-0,004152656	-0,41
01/10/2022	7,678917345	7,674764689	-0,004152656	-0,41
01/11/2022	7,504762589	7,500609933	-0,004152656	-0,41
01/12/2022	7,269385921	7,265233265	-0,004152656	-0,41

560001 (-10%) – CHUVAS

Data	Energia_Base	Energia_Estresse	Diferenca	Impacto_Percentual
01/01/2022	7,499849549	7,497718197	-0,002131352	-0,21
01/02/2022	7,582771668	7,580640316	-0,002131352	-0,21
01/03/2022	7,568856385	7,566725033	-0,002131352	-0,21
01/04/2022	7,533177437	7,531046085	-0,002131352	-0,21
01/05/2022	7,413730711	7,411599359	-0,002131352	-0,21
01/06/2022	7,361531128	7,359399776	-0,002131352	-0,21
01/07/2022	7,201934677	7,199803325	-0,002131352	-0,21
01/08/2022	7,477163524	7,475032172	-0,002131352	-0,21
01/09/2022	7,501517398	7,499386046	-0,002131352	-0,21
01/10/2022	7,678917345	7,676785993	-0,002131352	-0,21
01/11/2022	7,504762589	7,502631237	-0,002131352	-0,21
01/12/2022	7,269385921	7,267254569	-0,002131352	-0,21

TESTE ESTRESSE COMBINADO

USINA SA

TEMPERATURA (+10%) + VAZÃO (-10%) + 459001 (-10%)

Data	Energia_Base	Energia_Estresse	Diferenca	Impacto_Percentual
01/01/2022	7,499849549	7,425436462	-0,074413088	-7,17
01/02/2022	7,582771668	7,50835858	-0,074413088	-7,17
01/03/2022	7,568856385	7,494443297	-0,074413088	-7,17
01/04/2022	7,533177437	7,45876435	-0,074413088	-7,17
01/05/2022	7,413730711	7,339317623	-0,074413088	-7,17
01/06/2022	7,361531128	7,287118041	-0,074413088	-7,17
01/07/2022	7,201934677	7,12752159	-0,074413088	-7,17
01/08/2022	7,477163524	7,402750437	-0,074413088	-7,17
01/09/2022	7,501517398	7,42710431	-0,074413088	-7,17
01/10/2022	7,678917345	7,604504257	-0,074413088	-7,17
01/11/2022	7,504762589	7,430349501	-0,074413088	-7,17
01/12/2022	7,269385921	7,194972834	-0,074413088	-7,17

TESTE ESTRESSE INDIVIDUAL

USINA BM

TEMPERATURA (+10%)

Data	Energia_Base	Energia_Estresse	Diferenca	Impacto_Percentual
01/01/2022	8,214680149	8,229107714	0,014427566	1,45
01/02/2022	7,997051732	8,011479297	0,014427566	1,45
01/03/2022	7,796145719	7,810573285	0,014427566	1,45
01/04/2022	7,818092614	7,83252018	0,014427566	1,45
01/05/2022	7,700959543	7,715387109	0,014427566	1,45
01/06/2022	7,678308835	7,6927364	0,014427566	1,45
01/07/2022	7,707991971	7,722419537	0,014427566	1,45
01/08/2022	7,73098903	7,745416596	0,014427566	1,45
01/09/2022	7,600458973	7,614886538	0,014427566	1,45
01/10/2022	7,595498149	7,609925714	0,014427566	1,45
01/11/2022	7,858802397	7,873229963	0,014427566	1,45
01/12/2022	7,76980353	7,784231095	0,014427566	1,45

VAZÃO (- 10%)

Data	Energia_Base	Energia_Estresse	Diferenca	Impacto_Percentual
01/01/2022	8,214680149	8,180662892	-0,034017256	-3,34
01/02/2022	7,997051732	7,963034475	-0,034017256	-3,34
01/03/2022	7,796145719	7,762128462	-0,034017256	-3,34
01/04/2022	7,818092614	7,784075358	-0,034017256	-3,34
01/05/2022	7,700959543	7,666942287	-0,034017256	-3,34
01/06/2022	7,678308835	7,644291578	-0,034017256	-3,34
01/07/2022	7,707991971	7,673974715	-0,034017256	-3,34
01/08/2022	7,73098903	7,696971774	-0,034017256	-3,34
01/09/2022	7,600458973	7,566441716	-0,034017256	-3,34
01/10/2022	7,595498149	7,561480892	-0,034017256	-3,34
01/11/2022	7,858802397	7,824785141	-0,034017256	-3,34
01/12/2022	7,76980353	7,735786273	-0,034017256	-3,34

252001 (- 10%) - CHUVAS

Data	Energia_Base	Energia_Estresse	Diferenca	Impacto_Percentual
01/01/2022	8,214680149	8,214232636	-0,000447513	-0,04
01/02/2022	7,997051732	7,996604219	-0,000447513	-0,04
01/03/2022	7,796145719	7,795698206	-0,000447513	-0,04
01/04/2022	7,818092614	7,817645101	-0,000447513	-0,04
01/05/2022	7,700959543	7,70051203	-0,000447513	-0,04
01/06/2022	7,678308835	7,677861321	-0,000447513	-0,04
01/07/2022	7,707991971	7,707544458	-0,000447513	-0,04
01/08/2022	7,73098903	7,730541517	-0,000447513	-0,04
01/09/2022	7,600458973	7,60001146	-0,000447513	-0,04
01/10/2022	7,595498149	7,595050636	-0,000447513	-0,04
01/11/2022	7,858802397	7,858354884	-0,000447513	-0,04
01/12/2022	7,76980353	7,769356017	-0,000447513	-0,04

QUEIMADAS (+10%)

Data	Energia_Base	Energia_Estresse	Diferenca	Impacto_Percentual
01/01/2022	8,214680149	8,212310737	-0,002369412	-0,24
01/02/2022	7,997051732	7,99468232	-0,002369412	-0,24
01/03/2022	7,796145719	7,793776307	-0,002369412	-0,24
01/04/2022	7,818092614	7,815723202	-0,002369412	-0,24
01/05/2022	7,700959543	7,698590131	-0,002369412	-0,24
01/06/2022	7,678308835	7,675939422	-0,002369412	-0,24
01/07/2022	7,707991971	7,705622559	-0,002369412	-0,24
01/08/2022	7,73098903	7,728619618	-0,002369412	-0,24
01/09/2022	7,600458973	7,598089561	-0,002369412	-0,24
01/10/2022	7,595498149	7,593128737	-0,002369412	-0,24
01/11/2022	7,858802397	7,856432985	-0,002369412	-0,24
01/12/2022	7,76980353	7,767434118	-0,002369412	-0,24

352005 (- 10%) - CHUVAS

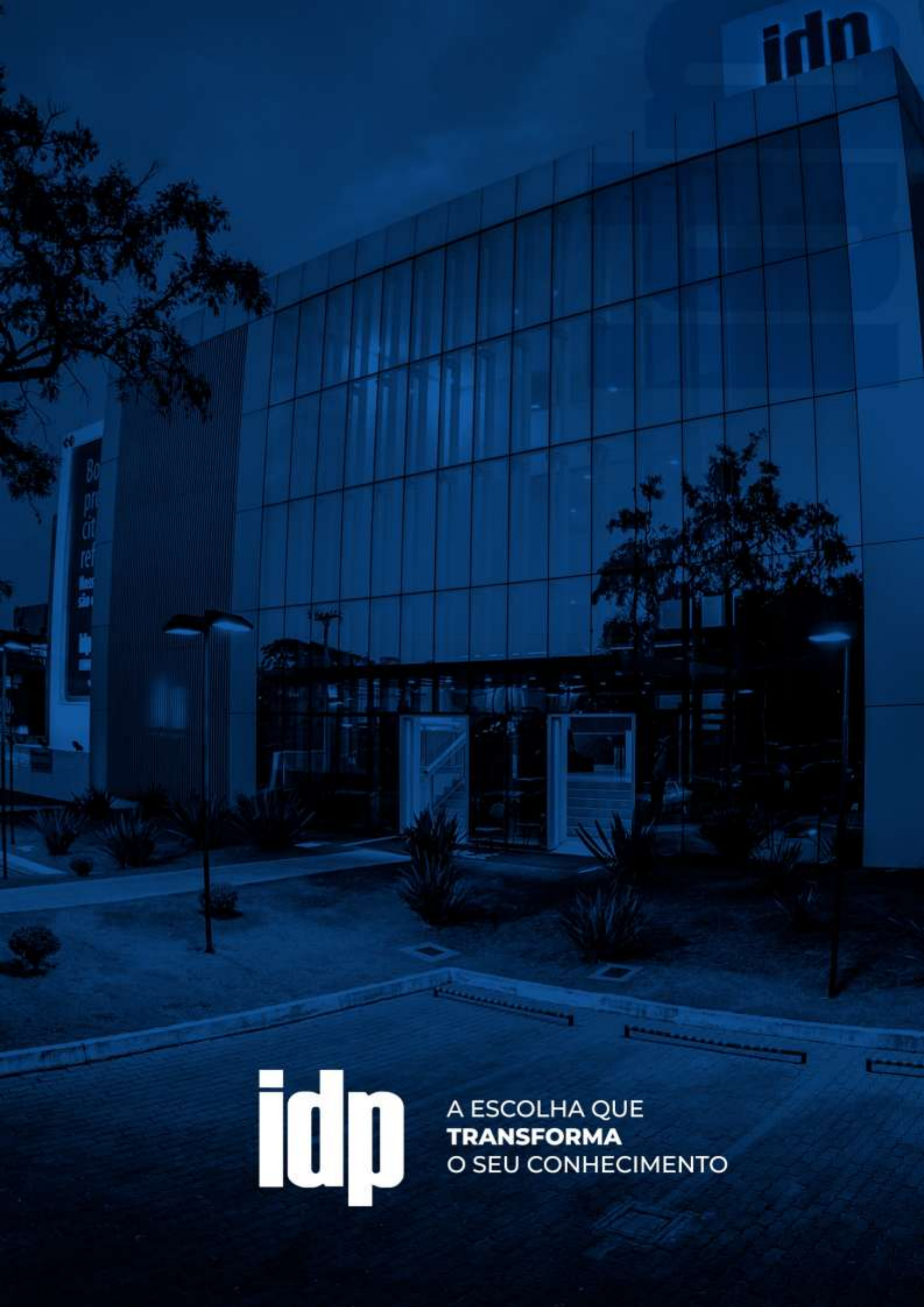
Data	Energia_Base	Energia_Estresse	Diferenca	Impacto_Percentual
01/01/2022	8,214680149	8,21462819	-5,19583E-05	-0,01
01/02/2022	7,997051732	7,996999773	-5,19583E-05	-0,01
01/03/2022	7,796145719	7,79609376	-5,19583E-05	-0,01
01/04/2022	7,818092614	7,818040656	-5,19583E-05	-0,01
01/05/2022	7,700959543	7,700907585	-5,19583E-05	-0,01
01/06/2022	7,678308835	7,678256876	-5,19583E-05	-0,01
01/07/2022	7,707991971	7,707940013	-5,19583E-05	-0,01
01/08/2022	7,73098903	7,730937072	-5,19583E-05	-0,01
01/09/2022	7,600458973	7,600407014	-5,19583E-05	-0,01
01/10/2022	7,595498149	7,59544619	-5,19583E-05	-0,01
01/11/2022	7,858802397	7,858750439	-5,19583E-05	-0,01
01/12/2022	7,76980353	7,769751571	-5,19583E-05	-0,01

TESTE ESTRESSE COMBINADO

USINA BM

QUEIMADAS (+10%) + VAZÃO (-10%) + 252001 (-10%)

Data	Energia_Base	Energia_Estresse	Diferenca	Impacto_Percentual
01/01/2022	8,214680149	8,177845967	-0,036834182	-3,62
01/02/2022	7,997051732	7,96021755	-0,036834182	-3,62
01/03/2022	7,796145719	7,759311537	-0,036834182	-3,62
01/04/2022	7,818092614	7,781258433	-0,036834182	-3,62
01/05/2022	7,700959543	7,664125361	-0,036834182	-3,62
01/06/2022	7,678308835	7,641474653	-0,036834182	-3,62
01/07/2022	7,707991971	7,67115779	-0,036834182	-3,62
01/08/2022	7,73098903	7,694154848	-0,036834182	-3,62
01/09/2022	7,600458973	7,563624791	-0,036834182	-3,62
01/10/2022	7,595498149	7,558663967	-0,036834182	-3,62
01/11/2022	7,858802397	7,821968216	-0,036834182	-3,62
01/12/2022	7,76980353	7,732969348	-0,036834182	-3,62



idp

idp

A ESCOLHA QUE
TRANSFORMA
O SEU CONHECIMENTO