



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

ÂNGELO MARCOS DOMINGUES CHAVES

**ANÁLISE DAS SÉRIES HISTÓRICAS DE NÍVEL D'ÁGUA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUAIA**

PALMAS

2020



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

ÂNGELO MARCOS DOMINGUES CHAVES

**ANÁLISE DAS SÉRIES HISTÓRICAS DE NÍVEL D'ÁGUA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUIA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel no Curso
Superior de Engenharia Civil do Instituto
Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Clerson Dalvani Reis – Msc.

**PALMAS
2020**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e em especial à minha mãe que sempre fez o possível para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Msc. Clerson Dalvani Reis pelas horas dedicadas à produção deste trabalho e a minha formação de modo geral. Agradeço aos demais professores e colegas de curso pelo companheirismo ao longo desta jornada. Aos amigos e familiares, pelo suporte e cuidado que sempre tiveram comigo, meus agradecimentos.

RESUMO

CHAVES, A. M. D. **Análise das séries históricas de nível d'água na bacia hidrográfica do Rio Araguaia.** 2020. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins. Palmas, 2020.

A região da bacia hidrográfica do Tocantins e Araguaia é a maior área de drenagem contida totalmente em território nacional. Possui cerca de 918 mil km², o que corresponde aproximadamente à 11% do território brasileiro, abrangendo estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Historicamente, a região é palco da forte atuação da indústria agropecuária, devendo essa conjuntura se acentuar nas próximas décadas devido à crescente demanda por commodities nos cenários nacional e internacional. Além disso, a região é estratégica para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil também pelo seu potencial hídrico, com vazão média de 13.799 m³/s, e de geração de energia com potencial hidroelétrico de 23.825 MW, com menos de 50% desse potencial já instalados. Assim, este trabalho propôs-se a analisar os níveis d'água no Rio Araguaia ao longo das últimas décadas para evidenciar possível redução nestes indicadores dado o progressivo uso consuntivo da água e o avanço das mudanças climáticas. Os dados foram obtidos através do portal HIDROWEB da Agência Nacional de Águas (ANA) e serão tratados para geração de curvas de permanência, curvas-chave e outros elementos gráficos para melhor compreensão do panorama atual da bacia, além de análise estatística que vise comprovar as hipóteses levantadas. A conclusão dos estudos pode munir o comitê de bacia de informações importantes para criação de políticas públicas destinadas à preservação ambiental e à continuidade do desenvolvimento socioeconômico da região.

Palavras-chave: Rio Araguaia. Curva de Permanência. Vazão. Nível d'água. Hidrologia. Estatística.

ABSTRACT

CHAVES, A. M. D. **Analysis of the historical flow and water level series in the Araguaia River basin.** 2019. 91 p. Final Paper (Bachelor of Civil Engineering). Tocantins Federal Institute of Education, Science and Technology, 2019.

The region of the Tocantins and Araguaia basin is the largest drainage area contained entirely in the national territory. It has about 918 thousand km², which corresponds to approximately 11% of the Brazilian territory, encompassing states of the North, Northeast and Center-West regions. Historically, the region is the scene of the strong performance of the agricultural industry, and this situation should accentuate in the coming decades due to the growing demand for commodities in the national and international scenarios. In addition, the region is also strategic for the socioeconomic development of Brazil, due to its hydric potential, with a average flow of 13,799 m³ / s and the generation of energy with a hydroelectric potential of 23,825 MW, with less than 50% of this potential already installed. Therefore, this work has proposed to analyze the water levels in the Araguaia River over the last decades to show a possible reduction in these indicators given the progressive consumptive use of water and also the advance of the climate changes. The data were obtained through the HIDROWEB portal of the National Water Agency (ANA) and will be treated for generation of permanence curves and other graphic elements besides statistical analysis to better understand the current panorama of the basin. The conclusion of the studies will be able to provide the basin committee and other stakeholders with important information for the creation of public policies aimed at environmental preservation and the continuity of the socioeconomic development of the region.

Keywords: Araguaia River. Curve of Permanence. Flow rate. Water level. Hydrology. Statistics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cenários para precipitação nacional anual	19
Figura 2 e Figura 3 - Manchetes que retratam a estiagem no ano de 2016	20
Figura 4 - Ilustração de uma bacia hidrográfica	24
Figura 5 - RHTA destacada no Território Nacional	26
Figura 6 - Usos consuntivos da água na RHTA	27
Figura 7 - Exemplo de distribuição de vazões/seção vertical	28
Figura 8 - Exemplo de distribuição de vazões/seção transversal	29
Figura 9 - Curvas batimétricas	30
Figura 10 - Batimetria realizada por meio de Ecobatímetros	31
Figura 11 – Curva-chave exemplo	32
Figura 12 - Curva de permanência fictícia	33
Figura 13 - Vazões de retorno e consumo no Brasil	34
Figura 14 - Ranking de estresse hídrico para a década de 2040	37
Figura 15 - PCD instalada na Bacia do Formoso	39
Figura 16 - Processo iterativo de pesquisa	40
Figura 17 – Exemplo de resultados de uma regressão	41
Figura 18 – Representação gráfica do Coeficiente de Pearson	42
Figura 19 – Representação gráfica do Coeficiente de determinação	43
Figura 20 – Gráfico de ajuste de linha e plotagem de resíduos	44
Figura 21 - Dinâmica de trabalho	45
Figura 22 - Estações fluviométricas consideradas no estudo	49
Figura 23 – Interface de busca de séries históricas do HidroWeb	49
Figura 24 – Tabela de dados utilizadas para realização das análises	50
Figura 25 - Exemplo de sobreposição de curvas de permanência	51
Figura 26 – Histórico de cotas - Estação Aruanã	53
Figura 27 – Cotas observadas x Cotas Previstas - Aruanã	54
Figura 28 – Histórico de cotas - Estação Bandeirantes	56
Figura 29 – Cotas observadas x Cotas Previstas - Bandeirantes	57
Figura 30 – Histórico de cotas - Estação Barreira do pequi	59
Figura 31 – Curva-Chave 1986-2004	60
Figura 32 – Curva-Chave 1986-2004	60
Figura 33 – Cotas observadas x Cotas Previstas – Barreira do Pequi	62

Figura 34 – Histórico de cotas – São Félix Araguaia.....	64
Figura 35 – Cotas observadas x Cotas Previstas – São Félix do Araguaia.....	65
Figura 36 – Histórico de cotas – Barreira da Cruz.....	66
Figura 37 – Histórico de cotas – Araguacema.....	69
Figura 38 – Cotas observadas x Cotas Previstas – Araguacema	70
Figura 39 – Histórico de cotas – Conceição do Araguaia.....	71
Figura 40 – Cotas observadas x Cotas Previstas – Conceição do Araguaia	73
Figura 41 – Curva-Chave – Conceição do Araguaia	73
Figura 42 – Curva-Chave – Conceição do Araguaia (sem outliers)	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características de bacias hidrográficas.....	25
Quadro 2- Dados da série fictícia (exemplo)	33
Quadro 3 - Variação ciclo a ciclo - Estação Aruanã	52
Quadro 4 - Variação em relação aos períodos iniciais - Estação Aruanã	53
Quadro 5- Variação ciclo a ciclo - Estação Bandeirantes.....	55
Quadro 6 - Variação em relação aos períodos iniciais – Estação Bandeirantes	56
Quadro 7 - Variação ciclo a ciclo - Estação Barreira do Pequi	58
Quadro 8- Variação em relação aos períodos iniciais - Estação Barreira do Pequi ..	59
Quadro 9 - Variação ciclo a ciclo - Estação São Félix do Araguaia.....	63
Quadro 10- Variação em relação aos períodos iniciais - Estação São Félix do Araguaia	63
Quadro 11- Variação ciclo a ciclo – Estação Barreira da Cruz.....	66
Quadro 12 - Variação em relação aos períodos iniciais – Estação Barreira da Cruz	66
Quadro 13 - Variação ciclo a ciclo – Estação Araguacema.....	68
Quadro 14 - Variação das cotas médias – Estação Araguacema	68
Quadro 15 - Variação das cotas médias – Estação Conceição do Araguaia	71
Quadro 16 - Variação das cotas médias – Estação Conceição do Araguaia	71
Quadro 17– Resumo dos resultados obtidos	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela ANOVA exemplo gerada no Excel.....	43
Tabela 2 – Tabela ANOVA exemplo gerada no Excel.....	44
Tabela 3 – Resultados Regressão - Estação Aruanã.....	54
Tabela 4 – Resultados Regressão - Estação Bandeirantes	57
Tabela 5 – Resultados Regressão - Estação Barreira do Pequi	61
Tabela 6 – Resultados Regressão - Estação São Félix do Araguaia	64
Tabela 7 – Resultados Regressão - Estação Araguacema	69
Tabela 8 – Resultados Regressão - Estação Conceição	72

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ANA	Agência Nacional de Águas
ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
Inpe	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MATOBIPA	Região de cerrado situada entre Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
FAPTO	Fundação de Apoio Científico e Tecnológico do Tocantins
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
APROEST	Associação de Produtores Rurais do Sudoeste do Tocantins
UFT	Universidade Federal do Tocantins
Naturatins	Instituto Natureza do Tocantins
Semarh	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
PCD	Plataforma de Coleta de Dados
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
WRI	World Resources Institute
RHN	Rede Hidrometeorológica Nacional
UP	Unidade de Planejamento
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
ONU	Organização das Nações Unidas
WWDR4	World Water Development Report 2014
WWC	World Water Council
SAE	Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos
RHTA	Região Hidrográfica Tocantins e Araguaia
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIações

Q_i	Vazão fictícia do ano i
m	Metro
m^2	Metro quadrado
m^3	Metro cúbico
s	Segundo
R\$	Real (Unidade monetária)
MW	Megawatt
Q_{95}	Vazão superada ou igualada em 95% do tempo
Freq.	Frequência
Decres.	Decrescente
H_0	Hipótese Nula ou Hipótese de trabalho
H_1	Hipótese alternativa
ha	Hectare

SUMÁRIO

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.2 JUSTIFICATIVA.....	21
1.3 OBJETIVOS	23
1.3.1 Objetivo Geral	23
1.3.2 Objetivos Específicos	23
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 Bacias hidrográficas	23
2.2 Região Hidrográfica do Tocantins Araguaia	25
2.3 Vazão de canais.....	28
2.4 Níveis de corpos hídricos.....	29
2.5 Curva-chave (Cota x Vazão)	31
2.6 Curvas de permanência	32
2.7 Uso Consuntivo da água	34
2.8 Outorga de direito de uso da Água.....	35
2.9 Impactos de crises hídricas	36
2.10 Impactos econômicos das mudanças climáticas.....	37
2.11 Projeto Gestão de Alto Nível	38
2.12 Estatística aplicada à engenharia	40
2.13 Análise de regressão	41
2.14 ANOVA e o Teste F.....	44

2.15 Preenchimento de falhas	45
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	45
3.1 Caracterização da pesquisa	45
3.2 Primeira etapa (TCC 1)	46
3.3 Segunda etapa (TCC 2)	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4.1 Estação Fluviométrica Aruanã – (25200000)	52
4.2 Estação Fluviométrica Bandeirantes (25700000)	55
4.3 Estação Fluviométrica Barreira do Pequi (26710000)	58
4.4 Estação Fluviométrica São Félix do Araguaia (26350000).....	62
4.5 Estação Fluviométrica Barreira da Cruz (26800000)	65
4.6 Estação Fluviométrica Araguacema (27320000).....	67
4.7 Estação Fluviométrica Conceição do Araguaia (27500000)	70
4.8 Resumo dos resultados.....	74
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS.....	77
APÊNDICE A – CURVA DE PERMANÊNCIA DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA ARUANÃ.....	82
APÊNDICE B – CURVA DE PERMANÊNCIA DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA BANDEIRANTES.....	83
APÊNDICE C – CURVA DE PERMANÊNCIA DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA BARREIRA DO PEQUI.....	84

APÊNDICE D – CURVA DE PERMANÊNCIA DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA SÃO FÉLIX DO ARAGUAIA.....	85
APÊNDICE E – CURVA DE PERMANÊNCIA DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA BARREIRA DA CRUZ	86
APÊNDICE F – CURVA DE PERMANÊNCIA DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA ARAGUACEMA	87
APÊNDICE G – CURVA DE PERMANÊNCIA DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA	88

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei nº 9.433 de 1997, a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e essencial para a vida de todos os seres vivos. Por ser um bem de domínio público, o governo federal e os estaduais são os responsáveis por regular o seu acesso, promovendo o uso múltiplo e sustentável em benefício das atuais e futuras gerações.

A entrada de água no ciclo hidrológico ocorre principalmente através da chuva. O volume precipitado pode escoar por rios e outros corpos hídricos superficiais, infiltrar no solo abastecendo o lençol freático, evaporar ou ser transpirado por vegetais, a chamada evapotranspiração. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), no ano de 2016, o volume precipitado em território brasileiro foi de aproximadamente 13 trilhões de m³, há ainda uma contribuição de 5,7 trilhões de m³ provenientes de países vizinhos. Desse total, no mesmo ano foram escoados pelos rios brasileiros, para o mar e países vizinhos, cerca de 7,4 trilhões de m³.

Como descreve Shiklomanov (1986), o rio é o componente mais importante do ciclo hidrológico. Exerce um efeito pronunciado sobre a ecologia da superfície da terra e sobre o desenvolvimento econômico humano. A vazão do rio é mais amplamente distribuída sobre a superfície da terra e fornece o maior volume de água para consumo no mundo.

Mesmo sendo o país com a maior reserva de água doce do mundo e com grandes rios distribuídos por toda a extensão do território nacional, em 2017 quase 38 milhões de brasileiros experienciaram secas e estiagens (ANA, 2017). Além das dificuldades meteorológicas, existe ainda ocupações irregulares e demanda crescente por recursos hídricos que nas últimas duas décadas cresceu cerca de 80%, com previsão de crescimento de 24% até o ano de 2030 (ANA, 2009).

Neste contexto, a hidrologia tem evoluído significativamente para mitigar os impactos sobre o meio ambiente. O estudo da água anteriormente, consistia em uma ciência basicamente descritiva e qualitativa, porém vem se transformando em uma área em que métodos quantitativos tem sido cada vez mais utilizados através de conceitos matemáticos e estatísticos, que têm melhorado os resultados e ampliado a aplicação das informações obtidas (TUCCI, 1993).

Este trabalho propôs utilizar desses conceitos para estudar a Região Hidrográfica do Tocantins e Araguaia (RHTA), mais especificamente a bacia hidrográfica do Rio Araguaia.

A Região Hidrográfica do Tocantins e Araguaia é a maior bacia hidrográfica incluída totalmente em território nacional, e 2ª maior de modo geral, inferior apenas a bacia do Rio Amazonas, sendo cerca de 1,5 vezes maior que a do São Francisco e estima-se que a 8% da vazão de todas as bacias do Brasil provenha da RHTA (Plano de Bacias RHTA, 2009).

A região apresenta elevada aptidão hidro energética contando com 5 grandes usinas situadas no Rio Tocantins com potencial hidroelétrico instalado de 15732 MW, com destaque para a Usina de Serra da Mesa que tem o maior volume reservado do país, e a de Tucuruí, com a maior capacidade de geração de energia de uma usina totalmente nacional de cerca de 8365 MW. O Rio Araguaia, sub bacia da RHTA, possui cerca de 385 mil km² de área drenante e uma disponibilidade hídrica de 970 m³ /s.

Dos usos consuntivos, predomina a irrigação com cerca de 60% de toda a vazão outorgada que é de cerca de 135 m³/s. A dessedentação animal, com 16m³/s e o abastecimento humano como 13m³/s, surgem em segundo e terceiro lugares respectivamente. A predominância dos usos para irrigação e pecuária reflete o perfil econômico da região, que até 2025 verá sua demanda crescer até os 221m³/s, em que irrigação e pecuária continuarão constituindo o principal uso (ANA, 2009).

A agricultura irrigada é a atividade humana que demanda maior quantidade total de água. Em termos mundiais, estima-se que esse uso responda por cerca de 80% das derivações de água; no Brasil, esse valor supera os 60%. A irrigação é exigente em termos de qualidade da água e, nos casos de grandes projetos, implica obras de regularização de vazões, ou seja, barragens, que interferem no regime fluvial dos cursos d'água e sobre o meio ambiente. (FGV, 1998).

A irrigação é um caso clássico de uso consuntivo da água, isto é, parte do volume retirado não retorna ao seu curso original. Ademais, o uso de defensivos agrícolas e fertilizantes na agricultura faz ainda com que o volume que retorna aos corpos hídricos tenha redução em seus padrões qualitativos (BERNARDO, 1989).

Na conjuntura em que a irrigação constitui o maior uso consuntivo da RHTA ainda com projeção de crescimento, e por possuir as maiores áreas irrigadas devido a empreendimentos como o Projeto Formoso, que conta com a maior área contínua de arroz irrigado do mundo, a Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia foi escolhida como área de estudo deste trabalho devido ao maior risco que pode estar exposta.

Por isso foram coletadas informações acerca das cotas de estações fluviométricas instaladas ao longo do Rio Araguaia durante as últimas décadas, que constam no Portal HidroWeb, ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), mantido pela Rede Nacional Hidrometeorológica (RNH).

Os dados dessas séries históricas serviram para elaboração curvas de permanências, ferramentas utilizadas para responder os mais variados problemas hidrológicos, foram utilizadas também outras ferramentas gráficas e procedimentos estatísticos a serem detalhados ao longo deste trabalho.

Possíveis diminuições nas cotas médias dos trechos ao longo do Rio Araguaia podem inviabilizar futuros empreendimentos a serem instalados na Bacia ou em demais Unidades de Planejamento (UP) da RHTA, ou ainda prejudicar os projetos já existentes. Assim, os resultados deste trabalho podem munir as autoridades competentes de informações relevantes que servirão para dar continuidade ao desenvolvimento socioeconômico da região através do direcionamento e criação de políticas públicas.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O procedimento que deu início ao trabalho surgiu de um questionamento inicial acerca da capacidade hídrica do Rio Araguaia e de suas sub-bacias: Era necessário aferir cientificamente se de fato a disponibilidade vinha sendo reduzido ao longo dos anos em decorrência das atividades antrópicas como urbanização e expansão da agricultura irrigada.

Comumente leva-se em consideração as informações baseadas em relatos de moradores ou intervalos de tempo reduzidos que podem não representar a realidade. Além disso, sem conceitos matemáticos de acordo com o que preza a literatura formal, podem existir inconsistências que levam a interpretações errôneas dos dados obtidos.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), através do seu Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (World Water Development Report – WWDR4), a sociedade precisará de 40% mais água até 2030, ao passo que já atualmente, 768 milhões de pessoas não dispõem de água tratada. Neste cenário o relatório afirma ainda que a dificuldade de acesso à água tende a intensificar as disparidades econômicas entre países, setores econômicos e até mesmo entre regiões de um mesmo país.

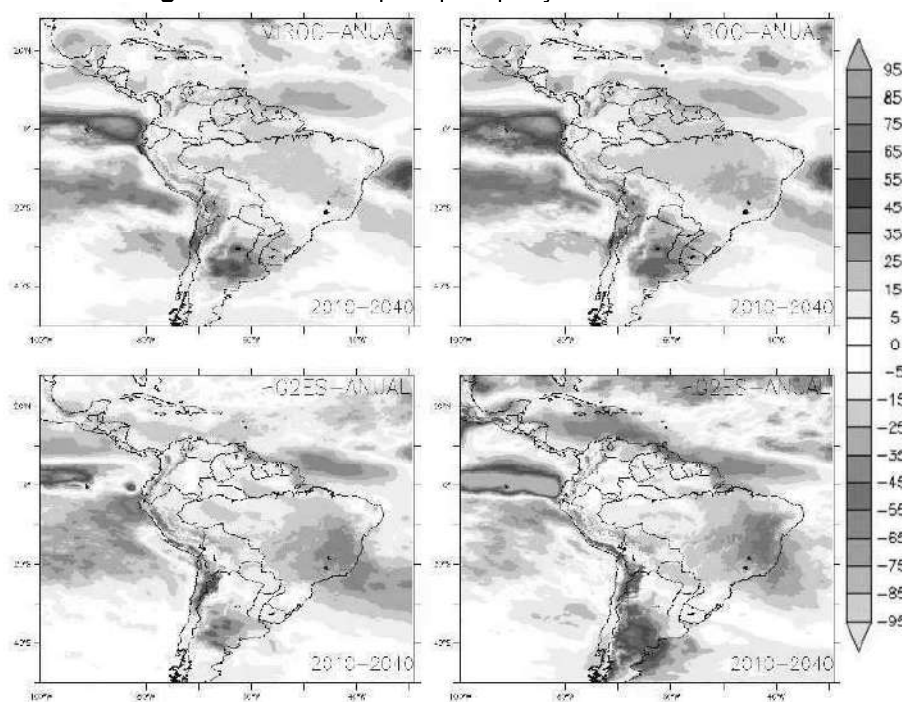
Nessas circunstâncias, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) afirma que caso as interferências antrópicas (ações humanas) continuem nos níveis atuais, os países em desenvolvimento podem ter o crescimento de seus índices sociais interrompidos antes de 2050.

Nacionalmente apesar da grande disponibilidade de água doce seja em meios superficiais ou subterrâneos, o Brasil ocupa apenas a 50ª posição no ranking de saúde hídrica do Conselho Mundial da Água (World Water Council – WWC), pois além da disponibilidade, o ranking também considera a parcela da população com acesso à água limpa, desperdícios, taxa de cobertura do sistema de tratamento de esgoto, dentre outros fatores.

Numa tentativa de se antecipar e se adaptar às mudanças climáticas, a Secretaria Especial de Estudos estratégicos – SAE, hoje vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, encomendou no ano de 2015, a diversos grupos de pesquisa, dentre eles o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) o estudo “Brasil 2040 – Alternativas de Adaptação às Mudanças Climáticas”.

Segundo o INPE, em todos os cenários analisados pelo estudo, o Brasil de 2040 será mais quente e seco, com temperaturas médias até 3° C maiores que as observadas atualmente, e uma precipitação cada vez menor, especialmente nas regiões Norte e Nordeste. O efeito imediato na diminuição do volume de água precipitado é a redução na vazão dos rios que abastecem a maior parte da população brasileira. A Figura 01 mostra o cenário mais otimista no canto superior esquerdo e o mais pessimista no canto inferior direito.

Figura 1 - Cenários para precipitação nacional anual



Fonte: Brasil 2040.

O grupo de estudo liderado pelo professor Francisco de Assis Souza e Eduardo Martins, da Universidade Federal do Ceará e da Fundação Cearense de Meteorologia, que também trabalhou na elaboração do estudo, estima que no melhor dos cenários, diversos rios do Estado do Tocantins podem apresentar reduções na vazão de 10 a 30%. Essas mudanças climáticas associadas às ações antrópicas podem agravar ainda mais o panorama hídrico da região.

O Tocantins ainda tem o agravante de estar inserido na região do MATOPIBA (zona de cerrado entre Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) considerada como a nova e uma das últimas fronteiras agrícolas do mundo, assim espera-se que cresçam as

áreas irrigadas, desmatamento e o uso de defensivos agrícolas ao longo dos próximos anos.

Na bacia do Rio Araguaia, especificamente na sub-bacia do Rio Formoso, já hoje existem diversas ocorrências de escassez de água. Desde o ano de 2016, em que o curso dos rios Urubu e Formoso secou, houve recomendação do Ministério Público Estadual de suspensão de todas as captações para a irrigação em escala superior a 500 hectares. As Figuras 2 e 3 apresentam manchetes que datam dos períodos de estiagem.

Figura 2 e Figura 3 - Manchetes que retratam a estiagem no ano de 2016



Fonte: G1 Tocantins.

Assim, este estudo visa utilizar de estatística e conceitos da hidrologia para responder ao seguinte questionamento: Que níveis de alteração o aumento da demanda hídrica somada às mudanças climáticas ao longo da RHTA proporcionaram as séries históricas de nível d'água no Rio Araguaia?

1.2 JUSTIFICATIVA

Frente à problemática apresentada, este trabalho pode direcionar estudos posteriores ou mesmo políticas públicas voltadas a dar continuidade ao desenvolvimento sustentável na RHTA, especialmente na UP (Unidade de Planejamento) do Rio Araguaia que apresenta elevada atividade agropecuária, considerada a mais demandante dentre os usos consuntivos da água.

Em junho de 2017, em entrevista ao Jornal Opção o titular da Delegacia Estadual do Meio Ambiente do Estado de Goiás, Cezar Santos, afirmou que dentro de poucos anos o Rio Araguaia poderia secar caso medidas não fossem tomadas. Apesar de ser uma declaração alarmante, há registros de grandes corpos hídricos que deixaram de existir por ações antrópicas, além disso essa declaração se faz num contexto de elevada degradação ambiental produzida pelo crescimento da Região Metropolitana de Goiânia.

Com o agravamento de conflitos em decorrência da água e períodos de estiagem, estudos que analisam historicamente o comportamento dos corpos hídricos considerando indicadores práticos como usas cotas médias, e uma possível diminuição redução destes índices, são de grande utilidade pois só a partir dessas informações será possível traçar medidas efetivas e evitar que eventos críticos prejudiquem o meio ambiente e o desenvolvimento socioeconômico.

Neste quadro, durante o período de seca que ocorreu no ano de 2016, na bacia do Rio Formoso foram iniciadas audiências públicas que resultaram na criação do Projeto Gestão de Alto Nível em janeiro de 2017, com investimento de mais de R\$ 2.500.000,00 (dois milhões e meio de reais) dos produtores da região e com apoio técnico e científico da Universidade Federal do Tocantins – UFT e da Fundação de Apoio Científico e Tecnológico do Tocantins – FAPTO.

O projeto consiste em coletar os níveis de disponibilidade hídrica em tempo real fazendo da Bacia do Rio Formoso a primeira do Brasil a implementar esse sistema. Como consta no website do projeto:

O monitoramento das captações será feito em tempo real, com a instalação de medidores de vazão em todas as bombas acoplados a um sistema de telemetria que enviará informações de 15 em 15 minutos para a UFT, onde foi desenvolvido um aplicativo que apresentará as séries históricas dessas captações, tem finalmente informações precisas de quanta água é captada e

se seu uso está dentro do determinado pelos atos de outorga. Com isso os órgãos fiscalizadores e a sociedade saberão quanta água está sendo usada e como está sendo usada e se há água para atender todos os usuários sem comprometer os corpos hídricos e o meio ambiente (PROJETO GESTÃO DE ALTO NÍVEL, 2017).

Os produtores situados na região podem, devido ao projeto, utilizar de forma mais eficiente a água reduzindo custos com bombeamento tendo maior segurança hídrica.

Desse modo, o presente trabalho justifica-se pois informações dessa natureza podem abastecer as autoridades competentes e demais interessados, tanto nos âmbitos nacional e estadual como a Agência Nacional de Águas e o Instituto Natureza do Tocantins – Naturatins e a Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH de dados que poderão direcionar a criação de projetos similares ao Projeto Gestão de Alto Nível e evitar situações extremas como as ocorridas no ano de 2016.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Utilizar de meios estatísticos e hidrológicos para analisar as séries históricas de nível d'água do Rio Araguaia.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Coletar e tratar dados das séries históricas do Rio Araguaia.
- Realizar estudos estatísticos com os dados obtidos.
- Construir curvas de permanência para cada uma das estações estudadas
- Elaborar materiais que possam facilitar graficamente a compreensão da problemática;

2 REVISÃO DE LITERATURA

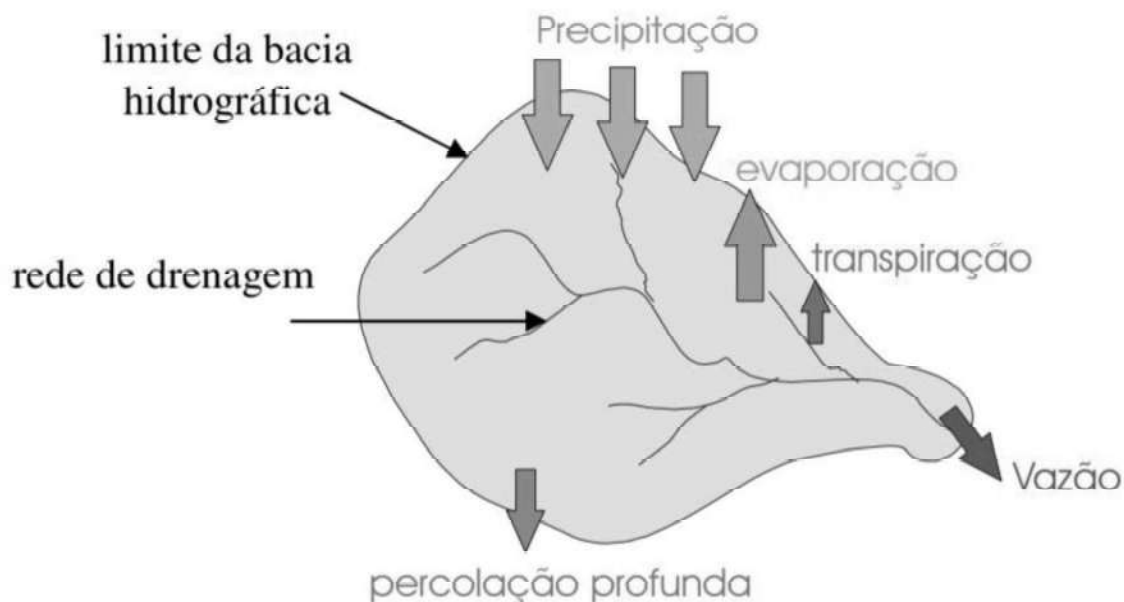
2.1 Bacias hidrográficas

A Lei nº 9.433 de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, define bacia hidrográfica como “a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”. No entanto, há ainda que se considerar diversos aspectos além dos legais para melhor compreensão do que são bacias hidrográficas, incluindo conceitos físicos e ecológicos.

Barrela (2001) define bacias hidrográficas como sendo um conjunto de áreas que têm as precipitações pluviométricas drenadas por rios e outros corpos hídricos. As regiões de maior altitude dessas áreas formam divisores de águas em que as precipitações escoarão superficialmente, criando rios e riachos, ou infiltrarão no solo criando nascentes ou alimentando o lençol freático. As águas superficiais escoam no sentido da maior para menor altitude, comumente de serras, montanhas e demais terrenos íngremes, formando pequenos riachos, ao passo que recebem a contribuição de outros riachos, aumentando-se o volume e formando os primeiros rios. Esses pequenos rios, em sua trajetória em direção aos oceanos, recebem a contribuição de

outros tributários, até formarem rios maiores. A Figura 4 ilustra genericamente uma bacia hidrográfica e demonstra melhor o processo descrito por Barrela (2001).

Figura 4 - Ilustração de uma bacia hidrográfica



Fonte: PAZ, 2004.

Além da definição de Barrela (2007), há ainda na literatura outras definições que levam em conta aspectos diferentes, como Lima & Zaika (2000) que considera energias provenientes de agentes climáticos para definir as bacias hidrográficas.

De modo geral, o comportamento de uma bacia hidrográfica é determinado por suas características geomorfológicas (relevo, forma, área, solo etc.) e da cobertura vegetal presente nela (LIMA, 1976). Além disso, segundo Tonello (2005), ações antrópicas podem também alterar o ciclo hidrológico. O autor também enumera características das bacias hidrográficas com as grandezas que estão diretamente relacionadas, como área total, perímetro, Fator de Forma (F), Declividade, Altitude, Comprimento do Curso D'água dentre outros (Quadro 1).

Segundo Faustino (1996), existem ainda sub-bacias, que são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal. Possuem áreas maiores que 100 km² e menores que 700 km², já as microbacias, segundo o mesmo autor, possuem toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia.

Quadro 1 - Características de bacias hidrográficas

Características	Tipo de Análises
Características geométricas	Área total Perímetro total Coeficiente de compacidade (Kc) Fator de forma (F) Índice de circularidade (IC) Padrão de drenagem
Características do relevo	Orientação Declividade mínima Declividade média Declividade máxima Altitude mínima Altitude média Altitude máxima Declividade média do curso d'água principal
Características da rede de drenagem	Comprimento do curso d'água principal Comprimento total dos cursos d'água Densidade de drenagem (Dd) Ordem dos cursos d'água

Fonte: TONELLO (2005)

2.2 Região Hidrográfica do Tocantins Araguaia

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) através da Resolução nº32 estabeleceu a Divisão Hidrográfica Nacional que visa fundamentar, orientar e implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos. A divisão Hidrográfica Nacional propôs então a divisão do território nacional em 12 Regiões Hidrográficas.

Cada bacia e sub-bacia que constitui as diferentes regiões hidrográficas possuem características ambientais, sociais e econômicas similares. Essas bacias são limitadas por divisores topográficos, como pontos de elevada altitude entre duas ou mais bacias, também conhecidos como divisores de água (FINKLER, 2014).

A Figura 5 exibe a RHTA destacada no território nacional, bem como as principais cidades, capitais e usinas hidrelétricas.

Figura 5 - RHTA destacada no Território Nacional

Fonte: Plano Estratégico de Recursos Hídricos da RHTA (ANA, 2009).

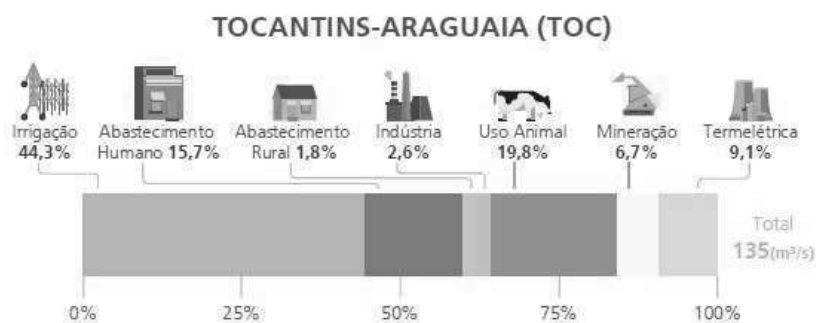
O Rio Araguaia, objeto de estudo deste trabalho, está inserido na RHTA, uma das 12 regiões hidrográficas instituídas pelo CNRH. A RHTA é uma das maiores regiões hidrográficas em área de drenagem, ocupando cerca de 11% de todo território nacional. Conterá com uma população de 10,5 milhões de pessoas em 2025, segundo o Plano Estratégico de Recursos Hídricos da RHTA.

De acordo com o plano supracitado as principais atividades econômicas na RHTA são a agropecuária e a mineração. Na agricultura de sequeiro (áreas de pouca pluviosidade) existe uma área cultivada de aproximadamente 4,0 milhões de ha (2005) com destaque para a soja, milho e arroz. Na agricultura irrigada, destacam-se as culturas do arroz, milho, feijão, soja e cana-de-açúcar. A área irrigada é de 124.238 ha, sendo que o potencial de solos aptos é de 5,4 milhões de hectares. A pecuária, voltada para a produção de carne bovina, apresenta rebanho de 27,5 milhões de cabeças.

Na mineração, a região produz alumínio, amianto, bauxita, calcário, cobre, ferro, níquel e ouro, entre outros. Nos garimpos, são relevantes as extrações de ouro e diamante. É também elevado o potencial hidroelétrico da região, especialmente na sub-bacia do Rio Tocantins (cerca de 84% de todo o potencial), já na sub-bacia do Rio Araguaia, evita-se a construção de hidroelétricas devido à suas características hídricas e valor ambiental e por concentrar diversas terras indígenas e áreas de proteção ambiental (ANA, 2018).

Na Região Hidrográfica, a (vazão de retirada) de água é de 135 m³/s (dados de 2017), sendo o principal uso consuntivo a irrigação, que totaliza 80 m³/s, cerca de 60% do total, seguido por dessedentação animal e abastecimento urbano. A Figura 6 ilustra a demanda por uso da água na RHTA.

Figura 6 - Usos consuntivos da água na RHTA



Fonte: Conjuntura 2017 (ANA, 2017).

A predominância dos usos para irrigação e pecuária reflete o perfil econômico da região. Em 2025, a Região Hidrográfica deverá atingir uma demanda de 221 m³/s e a irrigação e pecuária continuarão como os principais usos, seguidos do abastecimento humano e do uso industrial. Além disso, foi registrado também um crescimento elevado do uso para geração de energia por usinas termelétricas em decorrência das crises hídricas que ocorreram no Brasil por volta do ano de 2014 e se estenderam até recentemente.

A região também sofreu com a estiagem do período e em decorrências de outros danos ambientais, como cita o Plano Estratégico de Recursos Hídricos da RHTA:

A região vem sendo submetida historicamente a um processo de desflorestamento para exploração madeireira e agropecuária. As estimativas indicam que a cobertura vegetal nativa da região será reduzida de 59% para 40% em 2025. As projeções de crescimento das áreas de agricultura indicam ainda que a competição pelos solos mais aptos fará com que a expansão da pecuária continue a pressionar ainda mais as áreas de reserva legal e de preservação permanente das propriedades. [...] desenvolveram-se processos erosivos que estão concentrados nas cabeceiras dos rios Tocantins e, principalmente, Araguaia. Nesse último, a associação com solos altamente susceptíveis à erosão conduziu à extensiva formação de voçorocas de médio a grande porte [...].

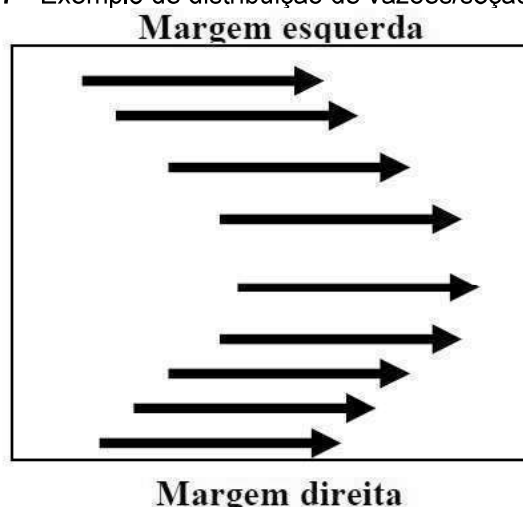
As riquezas tanto hídricas, quanto minerais e ambientais da região, fazem da RHTA uma das mais importantes regiões para a manutenção e desenvolvimento econômico nacional, são exemplos a nova fronteira agrícola do MATOPIBA e a construção de novas linhas férreas no Estado do Tocantins que visam facilitar o escoamento de bens e a integração com o restante do território nacional.

A preservação do Rio Araguaia depende de estudos que observem o seu comportamento para que a partir de então sejam tomadas medidas corretivas, e mais que isso, podem a concepção das autoridades no que diz respeito a adoção de medidas ainda na fase preventiva, evitando gastos desnecessários e prejuízos ambientais irreversíveis.

2.3 Vazão de canais

Segundo Schneider (2000), por vazão entende-se o volume que cruza determinada seção de um canal por unidade de tempo, usualmente essa razão é expressa em m^3/s (SI). Fatores como profundidade, largura e velocidade do fluxo podem influenciar a vazão. Nos rios, a vazão tende a aumentar da montante para a jusante. Além disso, as vazões também variam de uma margem para outra como exemplifica a Figura 7.

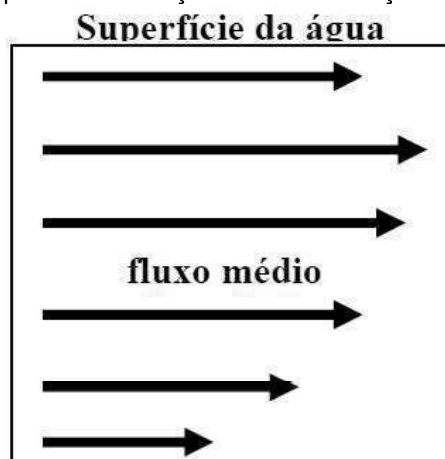
Figura 7 - Exemplo de distribuição de vazões/seção vertical



Fonte: Carvalho (2008)

A Figura 08 ilustra a dinâmica de como a vazão se altera ao longo do leito e da superfície do rio. O atrito da água com as margens e com o leito do rio, faz com que haja diminuição na velocidade do fluxo, e por conseguinte, da vazão (CARVALHO, 2008).

Figura 8 - Exemplo de distribuição de vazões/seção transversal

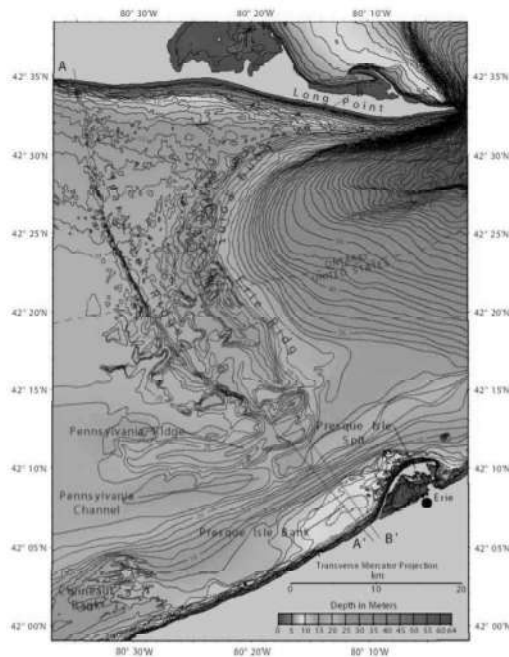


Fonte: Carvalho (2008)

2.4 Níveis de corpos hídricos

O nível de água nos corpos hídricos, também conhecido como cota, é altura da lâmina de água cortada transversalmente em relação a superfície. A ciência que se ocupa de medir as alturas (profundidades) de mares, rios e lagos é a batimetria. Etimologicamente, do grego, bathus (profundidade) e metron (medida) ou medida de profundidade (OLSEN, 2007).

A batimetria consiste na medição de profundidades de mares, rios, lagos, reservatório, afim de se conhecer a morfologia do fundo desses corpos hídricos. O conhecimento das cotas permite a construção das isóbatas, que são linhas que unem pontos de mesma de profundidade, a partir dessas linhas é possível traçar mapas planimétricos e tridimensionais com o auxílio de softwares específicos. A Figura 9 exhibe o mapeamento de um leito de um rio construído a partir de curvas batimétricas.

Figura 9 - Curvas batimétricas

Fonte: Edisciplinas/USP

As medições de profundidade podem ser feitas através de métodos diretos ou indiretos, usualmente os métodos diretos empregam varas de até 5m, embarcações de pequeno porte, cabos de aço para evitar possíveis deslocamentos equivocados e para definirem os pontos em que devem ser medidos as profundidades. Este método possui elevada simplicidade e baixo-custo, adequado para pequenas regiões. Os métodos indiretos consistem na obtenção das profundidades por propagações de sinais acústicos, sendo mais comum a utilização de ecobatímetros, mono ou multifeixes. A Figura 10 mostra um esquema simplificado de batimetria realizado por meio de ecobatímetros.

Figura 10 - Batimetria realizada por meio de Ecobatímetros



Fonte: Brava (2016)

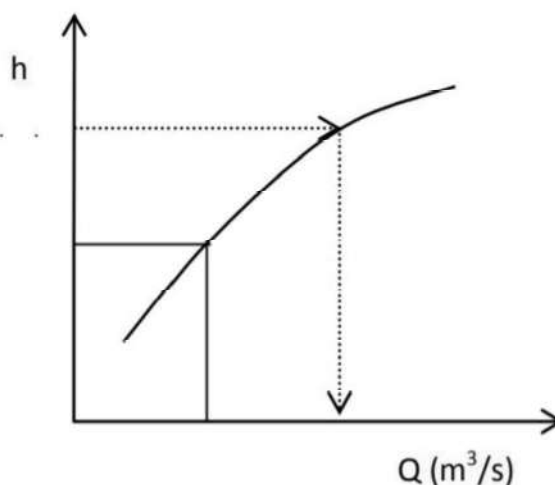
2.5 Curva-chave (Cota x Vazão)

Uma curva chave relaciona o nível de um rio com sua vazão. A relação proporcional entre cota e vazão de um rio sem mantém ao longo do desde que não haja alteração geométrica do canal. Dado o devido cuidado e atenção na confecção desta equação a sua validade é mantida por um longo tempo e a vazão de um corpo hídrico em um determinado ponto pode ser aferida apenas com a cota, e vice e versa (PORTO, 2001).

Como cita Emílio (2006), a curva-chave também pode ser entendida como a representação gráfica da relação entre a descarga e a cota de um determinado rio. A equação que rege as curvas-chave pode se dar de diversas formas. Algumas delas são:

- Exponencial: $Q = a(h \pm h_0)^n$
- Polinomial: $Q = \pm h_0 + ah^n + bh^{n-1} + ch^{n-2} + \dots$

Em que Q é a vazão, a, b, c, etc são coeficientes próprios a cada estação, h é a leitura da régua, ho é a leitura da régua correspondente a vazão nula e n é um expoente próprio para cada estação. Estes coeficientes e os expoentes são facilmente determinados com o uso de planilhas eletrônicas, tipo EXCEL, LOTUS etc., ou através do método de diferenças finitas. A Figura 11 ilustra uma curva-chave exemplo.

Figura 11 – Curva-chave exemplo

Fonte: Emílio (2006)

2.6 Curvas de permanência

As curvas de permanência são gráficos que relacionam a vazão e frequência com que esta vazão é igualada ou superada. As curvas de permanência podem ser criadas a partir de dados diários, mensais ou anuais. De forma geral, pode-se construir curvas de permanência para qualquer outra variável aleatória (MÉLLO JUNIOR e BONECARRERE, 2012).

Méllo Junior e Bonecarrere (2012) assumem que as vazões sejam variáveis aleatórias contínuas. Assim, a probabilidade de sua ocorrência é igual ao inverso do número de valores da série histórica. Por exemplo, seja uma série de vazões médias anuais observadas em um período de N anos.

A probabilidade de ocorrer a vazão Q_i observada no ano i é de $1/N$. Se a série observada for colocada em ordem decrescente de seus valores, pode-se dizer que a vazão máxima teve uma probabilidade de ser igualada ou superada (neste caso só igualada) de $1/N$. Da mesma forma, a segunda maior vazão da série teve uma probabilidade de ser igualada ou superada de $2/N$. De forma geral, a i -ésima maior vazão da série teve uma probabilidade de ser igualada ou superada de i/N .

A Tabela 2 mostra dados que serão utilizados para elaboração de curvas de permanência exemplo.

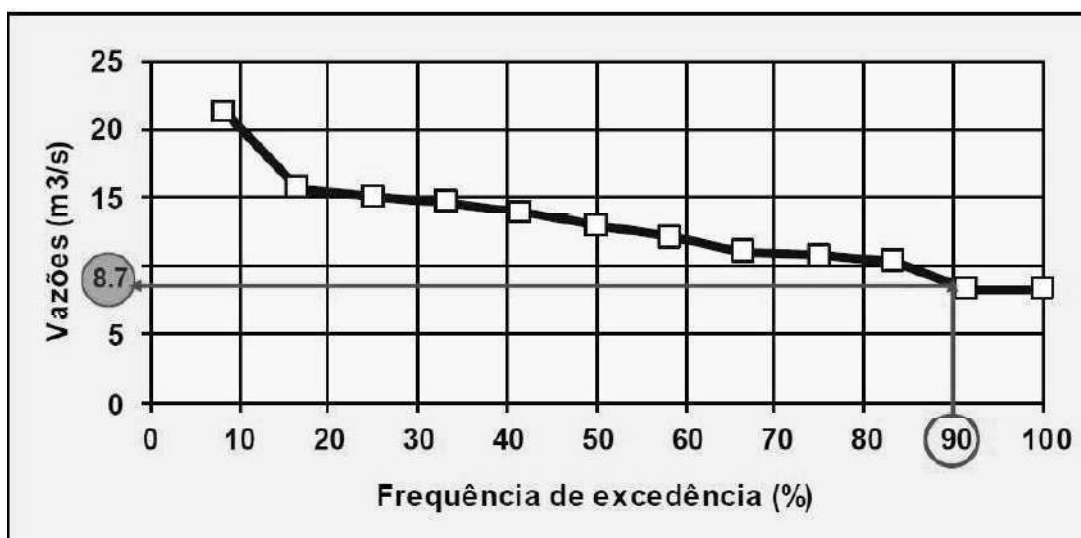
Quadro 2- Dados da série fictícia (exemplo)

Ano	Vazão(m³/s)	Ordem	Vazão decres. (m³/s)	Freq	Freq (%)
1978	10,7	1	21,2	100/12	8,33
1979	10,3	2	15,7	200/12	16,67
1980	12,1	3	15,1	300/12	25,00
1981	15,7	4	14,7	400/12	33,33
1982	8,3	5	13,9	500/12	41,67
1983	8,3	6	12,9	600/12	50,00
1984	11	7	12,1	700/12	58,33
1985	13,9	8	11	800/12	66,67
1986	12,9	9	10,7	900/12	75,00
1987	21,2	10	10,3	1000/12	83,33
1988	14,7	11	8,3	1100/12	91,67
1989	15,1	12	8,3	1200/12	100,00

Fonte: MÉLLO JUNIOR e BONECARRERE (2019)

Com os dados da Tabela 2 foi elaborada a curva de permanência apresentada na Figura 12.

Figura 12 - Curva de permanência fictícia



Fonte: MÉLLO JUNIOR e BONECARRERE (2019)

As curvas de permanência são utilizadas na maioria dos problemas de recursos hídricos, pois relaciona vazão com sua probabilidade de ocorrência ao longo do tempo. Como para se aferir se a vazão do rio é aproximadamente constante ou muito variável, qual porcentagem do tempo o rio apresenta vazões em determinada faixa, ou qual porcentagem do tempo o rio tem vazão suficiente para atender determinada

demanda. A vazão que usualmente é usada como referência para prever períodos de grande estiagem ou cheias ocorre em 90% do tempo (Q_{90}) e é destacada na figura 10.

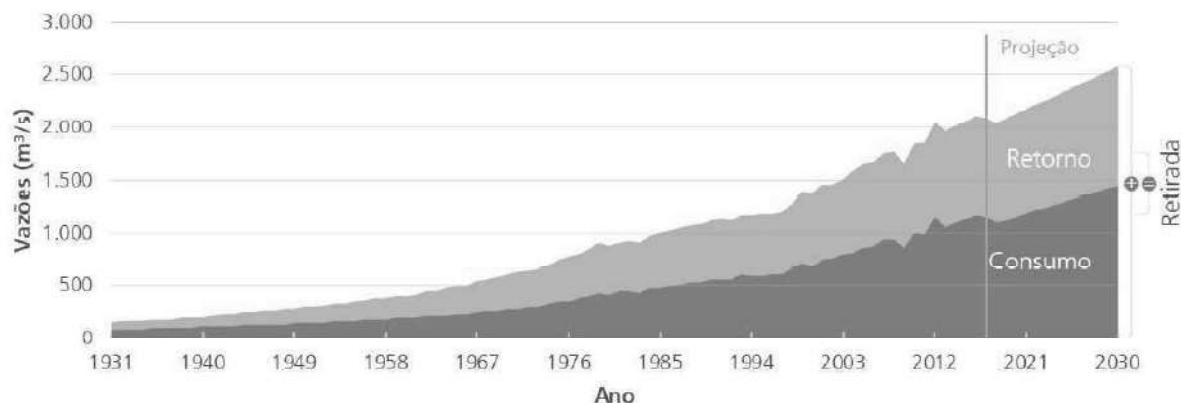
2.7 Uso Consuntivo da água

Para Setti et al. (2001), o uso consuntivo da água refere-se ao uso que retira a água da sua fonte natural diminuindo sua disponibilidade, seja quantitativa, espacial e temporalmente, que após a captação, apenas parte da água retorna ao manancial de origem. Para outros autores como Carvalho (2008), o uso consuntivo também é caracterizado pela redução nos padrões qualitativo, como quando ocorrem alteração na temperatura da água.

Outras atividades como pesca, turismo e lazer não afetam diretamente, ou pouco afetam a quantidade de água local e por isso são considerados usos não consuntivos, embora dependam que o recurso hídrico apresente determinados padrões de qualidade para que possam existir (ANA, 2019).

O uso consuntivo ou o consumo efetivo de água, é fração da vazão retirada (montante captado no corpo hídrico) que não retorna ao corpo hídrico, sendo o retorno a fração que a ele retorna. A quantidade efetivamente utilizada varia de acordo com a atividade a qual se destina o uso da água. O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) utiliza os coeficientes de retorno de 0,8 para abastecimento urbano e industrial, 0,5 para abastecimento rural e de 0,2 para irrigação ou criação de animais. Ou seja, da vazão retirada para a irrigação, apenas 20% retorna o corpo hídrico. A Figura 13 demonstra a evolução das vazões de retirada ao longo dos anos.

Figura 13 - Vazões de retorno e consumo no Brasil



Fonte: Manual de Usos Consuntivos da Água (ANA, 2019)

A estimativa do uso da água no Brasil ainda é considerada um desafio pois os inventários de medição são escassos, mesmo na escala de um único município ou em pequenas bacias hidrográficas. O inventário de cadastros e outorgas (autorizações) de uso da água não garante precisão quanto aos valores efetivamente utilizados, visto que o valor tende a um limite máximo de abastecimento. O que ocorre na prática, principalmente para grandes usuários, é que as vazões médias efetivas são inferiores, segundo dados da ANA.

Por isso metodologias indiretas, surgem como uma alternativa afim de suprir as inconsistências nos dados de outorga, e já são amplamente utilizadas para direcionar o planejamento e a gestão de recursos hídricos. De forma geral, as metodologias, utilizam coeficientes técnicos que associam variáveis inventariadas como população à uma necessidade média de água, como já acontece com o ONS.

2.8 Outorga de direito de uso da Água

As atividades humanas que provocam alterações nas condições naturais das águas são consideradas "usos", como, por exemplo, irrigação, abastecimento, geração de energia hidroelétrica, entre outros. Uma das ferramentas criadas para manutenção destes usos é a outorga de direito de uso da água tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo desses usos da água, bem como o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos.

Segundo a Lei nº 9.433/1997, a Agência Nacional de Águas (ANA) é a instituição responsável pela análise técnica para a emissão da outorga de direito de uso da água em corpos hídricos de domínio da União. De acordo com a Constituição Federal, corpos de água de domínio da União são aqueles lagos, rios e quaisquer correntes d'água que passam por mais de um estado, ou que sirvam de limite com outros países ou unidades da Federação. Em corpos hídricos de domínio dos Estados e do Distrito Federal, a solicitação de outorga deve ser feita junto ao órgão gestor estadual de recursos hídricos.

A ANA também tem como atribuição fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União, assim como supervisionar as ações voltadas ao cumprimento da legislação federal sobre o uso da água, apoiar o estabelecimento de regras especiais (marcos regulatórios e alocações negociadas), subsidiar as ações necessárias ao atendimento dos padrões de segurança hídrica e realizar campanhas

de cadastro e de regularização de usos de recursos hídricos. A ANA também realiza a análise técnica das solicitações do Certificado de Sustentabilidade de Obras Hídricas (CERTOH) e a implementação e o gerenciamento do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH).

No Brasil, segundo informações da ANA, o valor arrecadado com outorgas no ano de 2018 foi de R\$ 2,37 bilhões de mais de 635 usuários. No total de todas as outorgas de direito de uso já emitidas, a ANA contabilizava quase 8.500 outorgas válidas em julho de 2017, e os órgãos estaduais, mais de 75 mil.

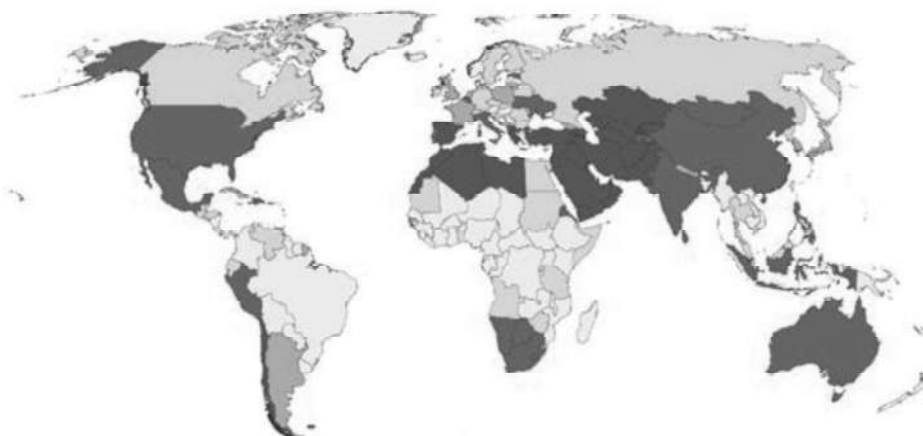
2.9 Impactos de crises hídricas

Embora 25% da população mundial viva em áreas com baixas disponibilidades hídricas ocasionando alcance insuficiente aos recursos hídricos, existe também a escassez econômica que decorre da falta de investimentos, infraestrutura e distribuição desigual de água. A dificuldade ao acesso ou a escassez ou eventos mais críticos conhecidos, como crises hídricas, não necessariamente de curta duração, estão diretamente relacionados à estagnação econômica (CIRILO, 2015).

À medida que a constatação da importância econômica da água e às dificuldades relacionadas ao seu acesso crescem, conflitos pela posse tendem a se intensificar e novas crises tendem a surgir. De modo geral, políticas de gestão e controle de rios ainda são escassas no Brasil e no mundo. Segundo Cirilo (2015), 261 dos grandes rios do mundo são transnacionais, dificultando ainda mais políticas públicas voltadas à preservação e ao uso racional, pois há necessidade de esforços coordenados das autoridades de diferentes países.

Segundo dados de 2018 do Ministério da Integração Nacional, o Brasil conta com 11% de toda água fresca explorável do mundo isso faz com que nacionalmente, numa análise macro, o Brasil disfrute de uma posição confortável no ranking de estresse hídrico do World Resources Institute – WRI (*Instituto Mundial de Recursos*), que considera a relação uso/disponibilidade da água previsto para as décadas 2020, 2030 e 2040. A Figura 14 ilustra o ranking para a década de 2040, em tons mais claros os países que apresentam razão mais confortável entre retirada e disponibilidade, e em tons mais escuros países onde a situação é mais crítica.

Figura 14 - Ranking de estresse hídrico para a década de 2040



Fonte: World Resources Institute – WRI (*Instituto Mundial de Recursos*)

No entanto, quando se consideram aspectos locais e as dimensões continentais do país, a gestão de recursos hídricos no país é desafiadora. Historicamente os maiores déficits hídricos são registrados na Região Nordeste, no entanto, recentemente, as crises hídricas se espalharam também pelo Sudeste como a que ocorreu em São Paulo entre 2014 e 2015, e a que ocorreu no Centro-Oeste, em Goiás entre 2016-201, ANA (2018).

Como cita Cirilo (2015), as soluções mais adotadas para equacionar os problemas hídricos consistem em expandir empreendimentos como barragens, aumento de exploração de aquíferos, transferência de água de bacias hidrográficas mais distantes e menos exploradas. No entanto, essas ações, apesar de necessárias, tem suas limitações – o aumento da oferta da água vai se tornando cada vez mais caro - antes de aumentar a disponibilidade, sendo necessário se combater o desperdício, que segundo dados do Governo Federal, gira em torno de 37% de toda água distribuída no país, além de implantar ferramentas mais completas de gestão e de tomada de decisões.

2.10 Impactos econômicos das mudanças climáticas

Além das ações antrópicas realizadas na RHTA, de aspecto localizados, como captações para agricultura irrigada, erosões, estiagens em determinadas microrregiões, fatores de escala macro também podem afetar os indicadores estudados, em especial, as mudanças climáticas que tem desafiado as instituições

afetando não apenas a diversidade do planeta, mas também seu desenvolvimento econômico.

Os pesquisadores começaram a enxergar o aspecto econômico da preservação ambiental por volta da década de 60 em um cenário em que previsões catastróficas acerca do esgotamento dos recursos naturais evidenciaram a falha nos modelos econômicos que não contavam com aspectos ecológicos (MAY et al, 2003).

Como revela documento disponível nos arquivos do Encontro Nacional de Economia (2010):

Como o Relatório Stern (STERN, 2006) é um dos estudos mais citados sobre o tema e reacendeu a discussão sobre a relação entre mudanças climáticas, impactos econômicos e políticas de mitigação. Segundo o relatório, baseado em modelos econômicos formais, se ações não forem implementadas, os custos totais e riscos da mudança climática vão ser equivalentes a perda de no mínimo 5% do PIB global em cada ano até 2050.

Existem também pesquisas direcionadas para o cenário brasileiro, como o estudo “BRASIL 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima”, encomendado em 2015 pela SAE vinculada à Presidência da República. O trabalho requereu o envolvimento de diversas áreas do conhecimento humano, tais como: engenharias, agricultura, economia, recursos hídricos, climatologia e sociologia.

O objetivo era estimar como as mudanças climáticas afetariam os setores econômicos em diferentes horizontes e sugerir estratégias de prevenção e adaptação dos diferentes sistemas que poderiam ser afetados. Os estudos foram desenvolvidos para subsidiar processos relevantes no âmbito da Política Nacional sobre Mudança do Clima, em particular, o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima.

Dessa maneira, o objeto pesquisado neste trabalho vai ao encontro de estudos como o “Brasil 2040”, fornecendo informações em escala mais reduzida (micro), podendo munir as autoridades interessadas de informações mais setorializadas e práticas.

2.11 Projeto Gestão de Alto Nível

O Projeto Gestão de Alto Nível foi criado a partir do convênio firmado entre a Associação dos Produtores Rurais do Sudoeste do Tocantins (APROEST) e o Instituto

de Atenção às Cidades da Universidade Federal do Tocantins (UFT) logo após à crise hídrica que assolou a Bacia Hidrográfica do Rio Formoso. O Rio Formoso é um dos mais importantes corpos hídricos do Estado do Tocantins e desempenha um papel importante na produção de grãos da região.

O Projeto Gestão de Alto Nível propôs um sistema de monitoramento em tempo real que servirá como instrumento de planejamento, que deverá munir e orientar o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Semarh) e o Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins) com informações que servirão de suporte técnico para a tomada de decisões, no sentido de minimizar as incertezas sobre a disponibilidade e os riscos de uma nova emergência hídrica.

A Figura 15 mostra a plataforma de coleta de dados (PCD), equipamento alimentado por energia solar utilizado pela equipe do projeto para enviar dados, via satélite, de 15 em 15 minutos para UFT e para a ANA que disponibiliza as informações para o SNIRH. Os aparatos instalados no Rio Formoso fizeram de sua bacia a primeira do Brasil a utilizar esse tipo de monitoramento em tempo real, segundo informações do Projeto Gestão de Alto Nível.

Figura 15 - PCD instalada na Bacia do Formoso



Fonte: Projeto Gestão de Alto Nível (2017).

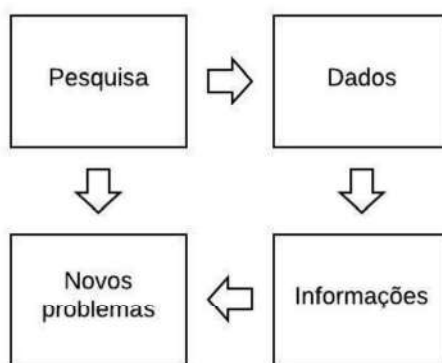
Apesar da capacidade do Rio Formoso de receber empreendimentos de grande porte, em determinados períodos do ano, sua disponibilidade hídrica diminui em função da interrupção das chuvas e dos elevados montantes de retirada. Assim,

projetos como o Projeto Gestão de Alto Nível, vão ao encontro das dificuldades enfrentadas pela ANA no que tange a inconsistência dos dados de retirada d'água dos corpos hídricos obtidos através das outorgas, pois como citado anteriormente, estes dados referem-se à possibilidade máxima de retirada. A expertise adquirida no projeto implantado na Bacia do Rio Formoso pode ser de grande utilidade para demais comitês de bacias que planejem a instalação de sistemas similares e serve de exemplo para iniciativas que visam a preservação dos corpos hídricos como ferramentas do desenvolvimento socioeconômico das regiões por eles atendidas.

2.12 Estatística aplicada à engenharia

Cotidianamente e no desenvolvimento científico, a observação de fenômenos e a geração de dados se faz constante. Os dados provêm de estudos observacionais ou de experimentos planejados, desse modo a estatística envolve técnicas para coletar, organizar descrever, analisar e interpretar dados. A análise de dados usualmente tem o objetivo embasar tomada de decisões, resolução de problemas ou produção de conhecimento. No entanto, novos conhecimentos geram novos problemas de pesquisa, o que cria um processo iterativo como a ilustra Figura 16. (BARBETTA, REIS e BORNIA, 2010).

Figura 16 - Processo iterativo de pesquisa



Fonte: Adaptado de Barbetta (2010).

Usualmente os dados contêm informações importantes capazes de responder problemas, no entanto, para que se tornem relevantes, estas informações precisam ser realçadas através de tratamentos e de análises exploratórias de dados (BARBETTA, REIS e BORNIA, 2010).

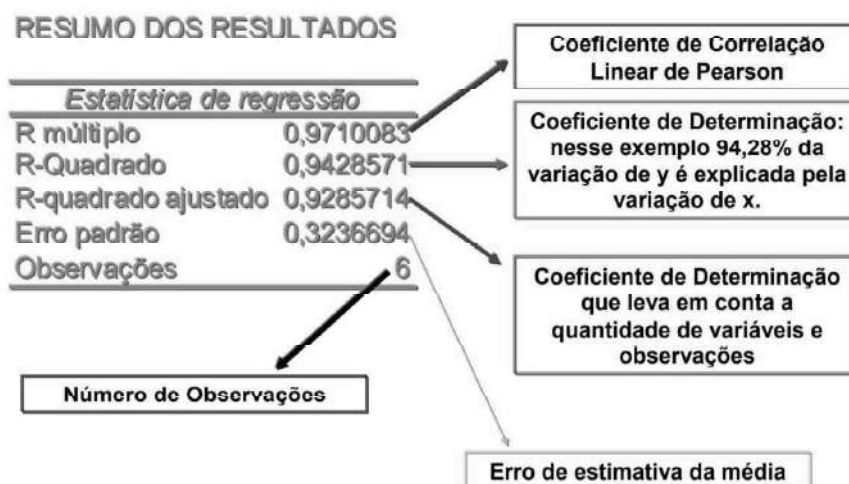
O estudo das séries históricas de nível d'água pretende extrair informações e através da estatística e probabilidade, responder aos questionamentos postos. De modo geral a estatística está muito presente na engenharia e em todos os meios produtivos como cita Barbetta, Reis e Bornia (2010):

Logo após a revolução industrial, métodos estatísticos foram incorporados nos processos industriais para garantir a qualidade dos produtos. Amostras de itens produzidos eram avaliadas sistematicamente para inferir se o processo estava sob controle [...]. Muitas vezes, a relação entre estatística e engenharia é ainda mais estreita. Os próprios métodos de engenharia costumam incorporar intrinsecamente procedimentos probabilísticos ou estatísticos.

2.13 Análise de regressão

O termo “regressão” foi utilizado pela primeira vez em 1885 por Francis Galton num estudo em que procurava entender a relação entre as alturas dos filhos e altura dos pais. Ele concluiu que a altura dos filhos não está tão fortemente ligada à altura dos pais, mas sim à média da população. Hoje em dia a Análise de Regressão define um vasto conjunto de técnicas estatísticas usadas para contrastar relações entre variáveis e prever o valor de uma ou mais variáveis independentes (MAROCO, 2003). Alguns dos parâmetros gerados num cálculo similar realizado pelo software Excel, são exibidos na Figura 17.

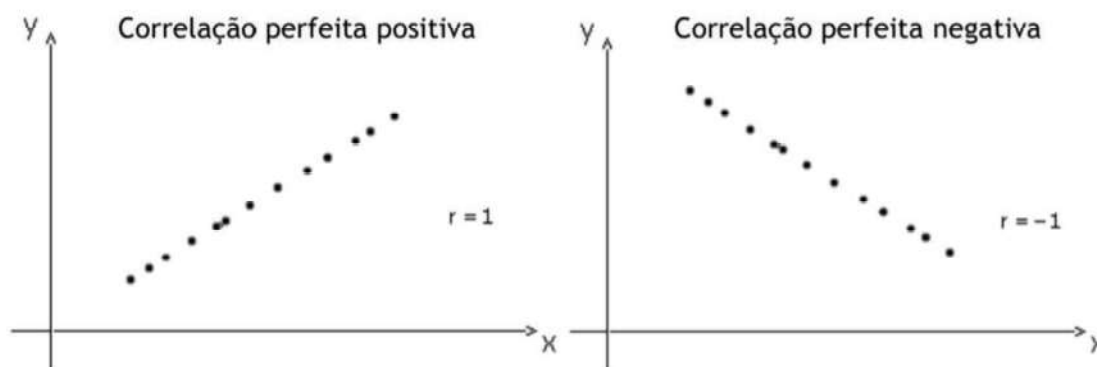
Figura 17 – Exemplo de resultados de uma regressão



Fonte: Fávero (2019)

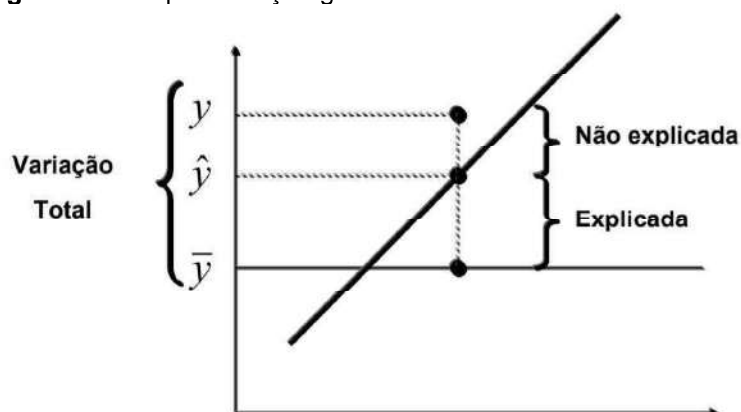
O primeiro parâmetro apresentado, Coeficiente de Pearson, indica a relação entre as duas variáveis estudadas e varia de -1 a 1. O valor de -1 indica duas variáveis perfeitamente desproporcionais, ou seja, à medida que uma cresce a outra decresce na mesma proporção. O valor de 1 indica uma correlação perfeita entre as 2 variáveis estudadas. Já um coeficiente de Pearson igual a 0 indica que não há qualquer relação entre as variáveis estudadas (RODRIGUES, 2012). A Figura 18 exemplifica graficamente o Coeficiente de Pearson.

Figura 18 – Representação gráfica do Coeficiente de Pearson



Fonte: Microsoft Excel

Outro parâmetro apresentado é o R^2 ou coeficiente de determinação, que é uma medida da proporção da variação total que é explicada pelo modelo de regressão. Os valores de R^2 vão de 0 a 1, sendo 0 um modelo que em nada explica o comportamento das variáveis e 1 um modelo totalmente adequado aos valores observados, em poucas palavras, representa o poder de explicação do modelo. A Figura 19 representa graficamente este coeficiente. (MAROCO, 2003).

Figura 19 – Representação gráfica do Coeficiente de determinação

Fonte: Fávero (2019)

No entanto, o R^2 é geralmente preterido ao R^2 ajustado, outro parâmetro apresentado pelo Excel, por comumente incorrer de um erro: Quaisquer variáveis incluídas no modelo tendem a aumentar o seu valor mesmo que não sirvam para explicar melhor o comportamento da variável independente. Assim, o R^2 ajustado é usualmente utilizado como um fator de comparação entre modelos. Para este trabalho que considerou apenas uma variável independente, ele não será levado em conta.

A Figura 17 apresenta ainda o Erro padrão, que é a razão das médias observadas e das médias calculadas pelo modelo de regressão. O número de observações representa a quantidade de dados utilizados na regressão.

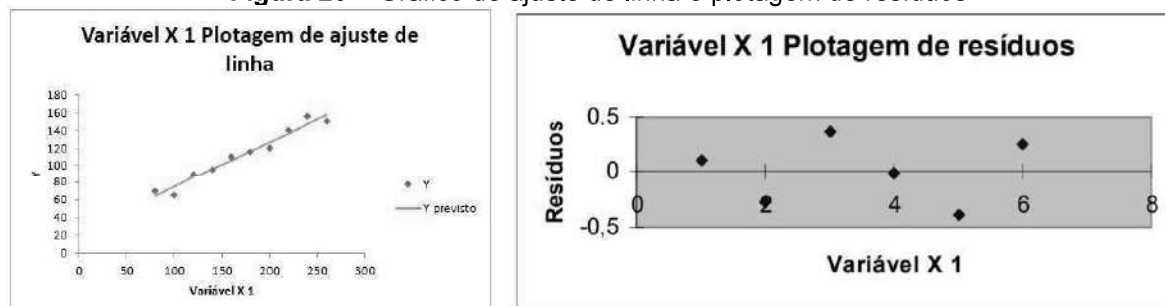
Há ainda na análise, a tabela que representa os coeficientes da equação de regressão, que no exemplo da Tabela 05 são -12 e 0,74, e suas significâncias 12 e 6% aproximadamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Tabela ANOVA exemplo gerada no Excel

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	-12	806	-1,5	0,126421
Variável X 1	0,74	0,40	1,9	0,061493

Fonte: Microsoft Excel

Serão exibidas ainda o gráfico que compara as cotas previstas pelo modelo com as cotas realmente observadas, a distância da reta modelo para os pontos contidos no gráfico são os resíduos da regressão. Em uma regressão em que se espera boa correlação, é ideal que os resíduos sejam distribuídos aleatoriamente sem apresentar tendências (homocedasticidade). Na Figura 20 são exibidos exemplos de gráfico de ajuste de linha e de plotagem de resíduos respectivamente.

Figura 20 – Gráfico de ajuste de linha e plotagem de resíduos

Fonte: Microsoft Excel

2.14 ANOVA e o Teste F

A análise de variância, do inglês (Analysis Of Variance), é uma ferramenta especialmente útil para regressões com mais de uma variável independente.

Na análise de regressão múltipla, o teste F produz um teste mais geral. Através da sua utilização determina-se se qualquer das variáveis independentes no modelo possui poder de explicação. Cada variável pode então ser testada individualmente com o teste t para determinar se é uma das variáveis significativas (RODRIGUES, 2012).

A Tabela 03 exibe os parâmetros que são gerados pelo teste de ANOVA no Excel.

Tabela 2 – Tabela ANOVA exemplo gerada no Excel

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	6,914285714	6,914285714	66	0,001248593
Resíduo	4	0,419047619	0,104761905		
Total	5	7,333333333			

Fonte: Microsoft Excel

Os valores de SQ (Soma dos quadrados) referem-se respectivamente à soma dos quadrados das diferenças dos valores previstos pelo modelo de regressão e a soma dos quadrados das diferenças dos valores observados pelos valores previstos. O valor de F corresponde então à razão dos 2 SQ, que em outras palavras é a razão entre o modelo e o seu erro.

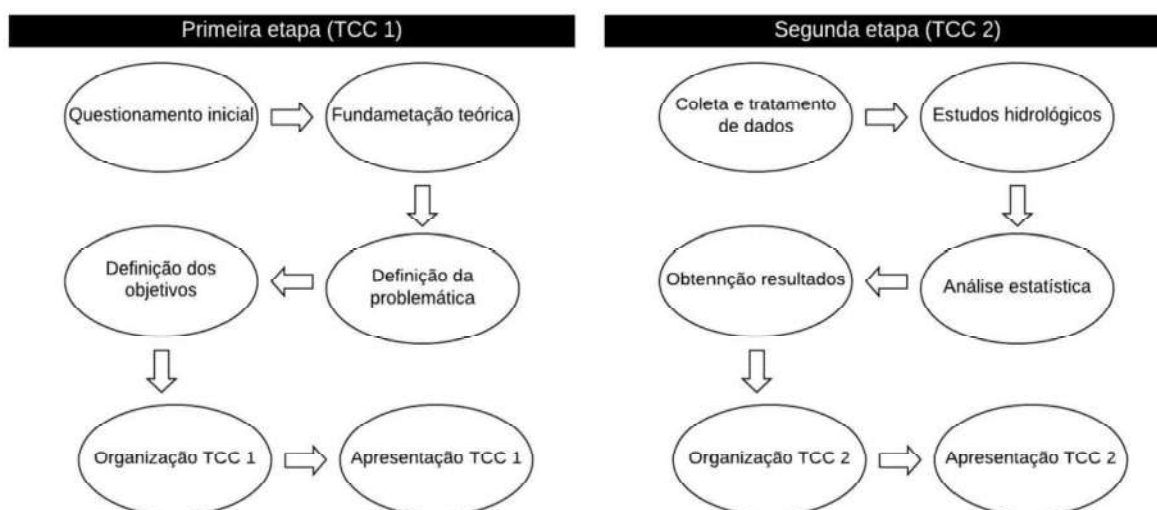
2.15 Preenchimento de falhas

As amostras disponibilizadas pelo HidroWeb, repetidamente apresentam lacunas com dados ausentes que inviabilizariam a confecção de curvas de permanência feitas para este trabalho. Alguns autores sugerem métodos que visam atenuar os possíveis danos de inconsistência que estas falhas podem ocasionar ao processo científico como Ventura et al. (2013) que utilizou Algoritmos Genéticos e Redes Neurais Artificiais. Fernandez (2007) aplicou métodos estatísticos como análise de regressão múltipla, média simples, Steurer, média de três estações, proporção normal e análise harmônica.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foi criada uma dinâmica de trabalho para embasamento teórico, coleta de dados e caracterização de pesquisa a fim de se atingir os objetivos deste trabalho. A Figura 21 ilustra as ações do trabalho que foi dividido em duas partes.

Figura 21 - Dinâmica de trabalho



Fonte: Próprio autor.

3.1 Caracterização da pesquisa

Lehfeld (2007) define a pesquisa científica como sendo a inquisição o procedimento sistemático e intensivo que tem o objetivo de revelar ou interpretar os

fatos que representam uma determinada realidade. Quanto à abordagem, esta pesquisa pode ser classificada como quantitativa, pois como cita Fonseca (2002):

Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. [...] A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis etc. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente.

Já, quanto aos objetivos, a pesquisa realizada neste trabalho é caracterizada como exploratória, que é aquela em que, segundo Gil (2007), tem o objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, a fim de torná-lo mais explícito, bem como criar hipóteses.

3.2 Primeira etapa (TCC 1)

A primeira etapa do trabalho consistiu em elaborar, a partir do questionamento inicial e através da fundamentação teórica e revisão bibliográfica, os problemas de pesquisa, os objetivos, as ferramentas para responder aos questionamentos bem como toda a dinâmica de trabalho desta etapa. A partir dessas informações foi possível definir o tema.

3.2.1 Fundamentação teórica

A primeira parte desta etapa consistiu em intensificar a revisão bibliográfica sobre os temas correlatos ao que se pretendia responder na pesquisa, bem como bibliografias relacionadas à produção de trabalhos científicos, seja livros, artigos científicos, relatórios técnicos e governamentais, leis, notícias, teses de mestrado e outros. Foram consultados ainda materiais relacionados à estatística foram de extrema valia na segunda etapa deste trabalho.

3.2.2 Definição da problemática

O questionamento inicial pressupunha uma redução nos indicadores de nível d'água do Rio Araguaia, no entanto não havia ainda uma clara dimensão do problema bem como o que poderia ocasioná-lo. Assim, foram consultados materiais que dão uma dimensão mais clara das condições da RHTA, como dados relacionados ao avanço da agricultura irrigada que demanda elevados montantes de retirada de água, notícias de crises hídricas ocorridas nas sub bacias e os planos da ANA que reforçam a importância da preservação do Rio como um fator chave para o desenvolvimento socioeconômico da região e do Brasil como um todo.

3.2.3 Definição dos objetivos

Abordada a justificativa e a problemática do trabalho, se fez necessário elaborar os objetivos específicos e gerais da pesquisa, delimitando assim a área de trabalho para responder de forma mais concisa os questionamentos levantados. Que em suma, são a construção de curvas de permanência, curvas-chave e outros elementos gráficos para análise das séries históricas dos indicadores do Rio Araguaia, a fim de se notar alterações nos indicadores estudados e em seguida utilizar da estatística para se certificar que as possíveis alterações foram de fato significativas.

3.2.4 Organização do TCC 1

Depois de levantadas as informações relativas à revisão bibliográfica, definição das problemáticas e objetivos o trabalho foi organizado de modo a se dispor numa ordem lógica e como recomenda as diretrizes para trabalhos de conclusão de curso. Também foram realizadas correções sugeridas pelo professor orientador, bem como formatação e elaboração de elementos gráficos como tabelas, figuras e fluxogramas a fim de facilitar a compreensão do trabalho.

3.2.5 Apresentação TCC 1

A apresentação do TCC 1 seguiu as diretrizes para apresentação de trabalhos de conclusão de curso do IFTO Campus Palmas, no que se refere à composição de

banca, formatação de apresentação de slides e tempo de exposição. Sendo realizada nas dependências da referida instituição de ensino, em data oportuna estabelecida pelo edital.

3.3 Segunda etapa (TCC 2)

Após estudos que pudessem embasar tanto os objetivos, a identificação dos problemas e a forma como poderiam ser visualizados, foi feita a coleta e tratamento de dados e análise estatística que possibilitou chegar aos resultados capazes de demonstrar a real situação da bacia e esclarecer o problema em análise.

3.3.1 Seleção das estações fluviométricas

As estações das quais foram obtidas as informações que embasaram este trabalho são exibidas na Figura 22, e estão instaladas desde a nascente do rio até a região de Conceição do Araguaia - TO, região a partir da qual as atividades econômicas relacionadas à agricultura deixam de ser significativas. Estas estações estão em atividade a pelo menos 30 anos e são exibidas numa imagem de satélite obtida no software Google Earth, identificadas pelo seu nome e número e posicionadas por coordenadas que constam no HidroWeb.

Inicialmente houve o intuito de limitar apenas a sub bacia do Rio Formoso, por ser a região de maior estresse hídrico em toda a bacia do Rio Araguaia, em decorrência do Projeto Formoso de irrigação de arroz, umas das atividades de maior uso consuntivo da água, no entanto as estações contidas nesse trecho possuíam apenas dados recentes dos indicadores estudados que impediam uma análise mais aprofundada do tema.

Além disso, iniciativas como o Projeto Gestão de Alto nível que permite observar as condições do rio em tempo real, fornece certa segurança hídrica para a região, e a observação de demais áreas em situações de risco pode direcionar a implantação de projetos de gerenciamento similares.

Figura 22 - Estações fluviométricas consideradas no estudo



Fonte: HidroWeb/Google Earth.

3.3.2 Coleta de dados

Os dados utilizados para elaboração dos estudos deste trabalho foram obtidos através do portal HidroWeb, do SNIRH. O portal disponibiliza os dados acerca do nível d'água além de outras informações como tipologia do solo, qualidade da água e vazão, separadas por estações fluviométricas distribuídas ao longo de todo território nacional. A Figura 23 exibe a interface de busca do sistema.

Figura 23 – Interface de busca de séries históricas do HidroWeb

Fonte: Próprio autor

3.3.3 Preparação dos dados

Os dados fornecidos pelo SNRH são exibidos de forma quase que aleatória e antes de serem analisados precisaram passar por várias etapas sendo a primeira delas a separação de dados brutos e consistidos. Os dados brutos são informações que não passaram por qualquer revisão e por isso podem apresentar erros de digitação, valores discrepantes e informações equivocadas como é o caso de cotas negativas. Nas análises feitas neste trabalho foram utilizados dados brutos apenas a partir do ano de 2015, período a partir do qual não existiam dados consistidos.

Para evitar possíveis dados com erros de leitura foi criado uma fórmula no Microsoft Excel que destacasse valores de cota 2x maiores que a média dos meses chuvosos, ou valores menores que 50% da cota média para os meses secos, ambas as médias calculadas apenas com dados consistidos. No entanto, não foi encontrado nenhum dado que estivesse dentro desses parâmetros.

Em seguida os dados foram dispostos cronologicamente para o cálculo das médias mensais. Então foram eliminadas duplicatas, cotas que foram aferidas no período matutino ou vespertino restando apenas as médias de ambos os períodos, além de outros erros identificados através de um minucioso trabalho de verificação. A Figura 24 exemplifica as tabelas que foram geradas para as análises feita no trabalho.

Figura 24 –Tabela de dados utilizadas para realização das análises

	NivelCon:Data	Media	Cota01	Cota02	Cota03	Cota04	Cota05
	2 01/11/1969						
	2 01/12/1969	263	288	295	298	296	298
1	2 01/01/1970	369	276	284	306	343	326
2	2 01/02/1970	359	411	435	439	414	379
3	2 01/03/1970		371	377	407	412	420
4							
5	2 01/05/1970						
6	2 01/06/1970	142	166	167	162	157	155
7	2 01/07/1970	114	125	124	124	124	123
8	2 01/08/1970	92	101	101	100	100	99
9	2 01/09/1970	97	92	86	86	85	85
10	2 01/10/1970	115	90	93	96	97	99
11	2 01/11/1970	173	133	138	142	146	147
12	2 01/12/1970	169	201	208	213	218	225
1	2 01/01/1971	162	146	150	153	152	146
2	2 01/02/1971	187	142	144	154	152	162
3	2 01/03/1971	243	182	172	188	202	208
4	2 01/04/1971	200	266	295	296	267	241
5	2 01/05/1971	136	142	142	139	132	155
6	2 01/06/1971	98	134	137	128	110	114
7	2 01/07/1971	78	93	90	94	92	92
8	2 01/08/1971	66	64	68	70	74	82
9	2 01/09/1971	62	54	52	53	62	68
10	2 01/10/1971	124	74	71	73	80	80

Fonte: Próprio autor

Então para cada estação foi gerada uma média anual de cotas, uma média para os meses secos (julho, agosto, setembro e outubro) e para os meses com maior histórico de chuvas (janeiro, fevereiro e março).

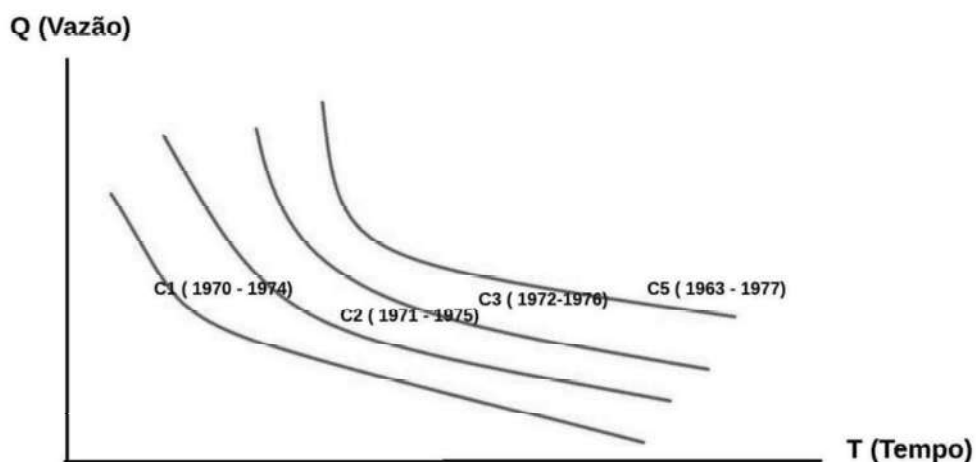
3.3.4 Análise gráfica

A análise gráfica consistiu em criar curvas de permanência, curvas-chave, histórico de cotas gerando assim uma linha de tendência e uma tabela com variações percentuais ano a ano ou ciclo a ciclo para as diversas estações estudadas. As tabelas que exibem a variação das médias citadas no item 3.3.3, ano a ano foram suprimidas restando apenas as que mostram a variação ocorrida em ciclo de 5 anos.

Isso aconteceu, pois, a visualização destes dados anualmente pode passar a sensação de aleatoriedade dos números, não sendo possível perceber a tendência quando visualizado em períodos agrupados de 5 em 5 anos. Além disso, a compactação dos números torna a visualização mais fácil e é um período usualmente adotado tanto para experimentações estatísticas quanto em estudos hidrológicos.

A Figura 25 mostra uma curva de permanência genérica. Os demais elementos citados neste item poderão ser visualizados na apresentação dos resultados. Para a criação das curvas de permanência em específico, foram utilizadas técnicas de preenchimento de lacunas, pois a presença de vazios pode comprometer a exibição deste elemento de análise. Para as demais ferramentas, a ausência de alguns dados foi atenuada com a adoção de médias.

Figura 25 - Exemplo de sobreposição de curvas de permanência



Fonte: Próprio autor

3.3.5 Análise estatística

Após a confecção dos elementos gráficos responsáveis por facilitarem a compreensão do problema levantado pelo trabalho, foram realizadas análises de regressão para cada estação estudada.

Inicialmente, ainda durante a preparação do pré-projeto, foram confeccionadas algumas curvas de permanência e análises estatísticas parciais em que não foi possível evidenciar grandes variações nas médias dos indicadores. Assim, passou-se a estudar as situações de seca e meses chuvosos, como citado no item 3.3.3, a fim de se verificar se períodos mais secos ou mais chuvosos do que a média geral para cada ano, pudesse “camuflar” as alterações nos níveis médios anuais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estação Fluviométrica Aruanã – (25200000)

4.1.1 Análise gráfica

O Quadro 3 exibe as variações das cotas médias em períodos de 5 anos para o cenário em que são considerados todos os meses, apenas meses secos e meses chuvosos, bem como as médias para estes mesmos cenários para todo o período de operação da estação.

Quadro 3 - Variação ciclo a ciclo - Estação Aruanã

VARIÇÃO A CADA 5 ANOS											
MÉDIA ANUAL			MESES SECOS			MESES CHUVOSOS					
Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %
1970-1974	223		1970-1974	117		1970-1974	347		1970-1974	347	
1975-1979	295	32,68%	1975-1979	160	36,36%	1975-1979	474	36,45%	1975-1979	474	36,45%
1980-1984	335	18,39%	1980-1984	178	11,50%	1980-1984	532	12,32%	1980-1984	532	12,32%
1985-1989	268	-19,93%	1985-1989	140	-21,59%	1985-1989	452	-15,03%	1985-1989	452	-15,03%
1990-1994	290	8,20%	1990-1994	151	7,76%	1990-1994	494	9,11%	1990-1994	494	9,11%
1995-1999	294	1,32%	1995-1999	157	3,85%	1995-1999	480	-2,73%	1995-1999	480	-2,73%
2000-2004	292	-0,70%	2000-2004	148	-5,43%	2000-2004	501	4,33%	2000-2004	501	4,33%
2005-2009	308	5,53%	2005-2009	159	7,57%	2005-2009	496	-1,04%	2005-2009	496	-1,04%
2010-2014	309	0,18%	2010-2014	170	6,60%	2010-2014	497	0,22%	2010-2014	497	0,22%
2015-2019	285	-7,57%	2015-2019	156	-8,20%	2015-2019	435	-12,37%	2015-2019	435	-12,37%
MÉDIA GERAL ESTAÇÃO	290		MÉDIA GERAL ESTAÇÃO	154		MÉDIA GERAL ESTAÇÃO	471		MÉDIA GERAL ESTAÇÃO	471	

Fonte: Próprio autor

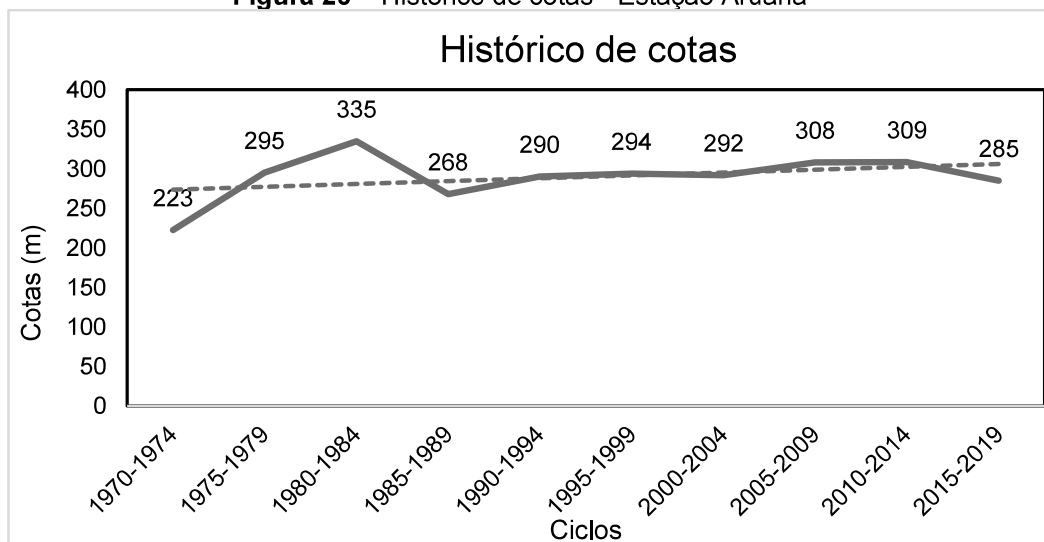
O Quadro 4 exibe, para os mesmos cenários, as variações das cotas médias em relação aos dados iniciais.

Quadro 4 - Variação em relação aos períodos iniciais - Estação Aruanã

VARIAÇÃO EM RELAÇÃO AOS 5 ANOS INICIAIS											
MÉDIA ANUAL			MESES CHUVOSOS			MESES SECOS					
Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %
1970-1974	223		1970-1974	117		1970-1974	347		1970-1974	347	
1975-1979	295	32,68%	1975-1979	160	36,36%	1975-1979	474	36,45%	1975-1979	474	36,45%
1980-1984	335	50,44%	1980-1984	178	52,05%	1980-1984	532	53,26%	1980-1984	532	53,26%
1985-1989	268	20,47%	1985-1989	140	19,22%	1985-1989	452	30,23%	1985-1989	452	30,23%
1990-1994	290	30,35%	1990-1994	151	28,47%	1990-1994	494	42,09%	1990-1994	494	42,09%
1995-1999	294	32,06%	1995-1999	157	33,42%	1995-1999	480	38,21%	1995-1999	480	38,21%
2000-2004	292	31,14%	2000-2004	148	26,17%	2000-2004	501	44,20%	2000-2004	501	44,20%
2005-2009	308	38,39%	2005-2009	159	35,72%	2005-2009	496	42,71%	2005-2009	496	42,71%
2010-2014	309	38,64%	2010-2014	170	44,67%	2010-2014	497	43,01%	2010-2014	497	43,01%
2015-2019	285	28,14%	2015-2019	156	32,81%	2015-2019	435	25,33%	2015-2019	435	25,33%

Fonte: Próprio autor

A partir do Quadro 3 é possível notar que não há uma tendência clara de diminuição ou aumento no nível das cotas. Grandes aumentos percentuais nos ciclos de 1975 a 1984 foram seguidos de uma acentuada redução no ciclo de 1985-1989, a partir daí apresentado certa estabilidade até o ciclo de 2015-2019 que conhecidamente foi um período de poucas chuvas. Porém, levando em conta os primeiros dados estudados, em todos os ciclos posteriores houve aumento do nível na região da Estação de Aruanã, como mostrado na Quadro 4. De moto geral, a cota média do Rio Araguaia na região Estação Aruanã tem se comportado como exibido na Figura 26, que apresenta uma linha de tendência de inclinação positiva.

Figura 26 – Histórico de cotas - Estação Aruanã

Fonte: Próprio autor

4.1.2 Análise estatística

Os resultados da regressão com os dados da estação de Aruanã são exibidos na tabela 7. É possível notar pelo coeficiente de Pearson, de 26%, que há uma relação

muito fraca entre o avanço dos anos e as cotas do Rio Araguaia na região da estação estudada. Ainda assim, é uma relação positiva, o que nos leva a crer as cotas têm crescido ao passo que os anos avançam.

O R^2 de 7% nos dá a dimensão que apenas os anos não são significativos para explicar o comportamento das cotas. Um R^2 pequeno nos leva a um erro padrão elevado, que é razão entre a média cotas observadas pela média das cotas previstas pelo modelo.

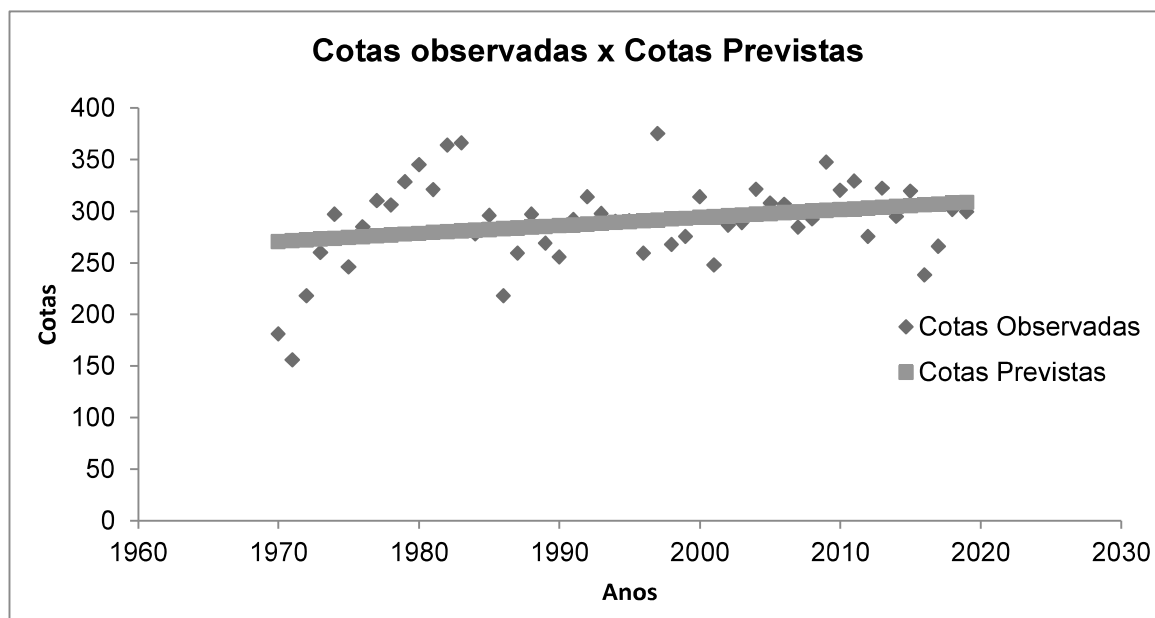
Tabela 3 – Resultados Regressão - Estação Aruanã

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,266385937
R-Quadrado	0,070961468
Erro padrão	41,27933497
Observações	50

Fonte: Próprio autor

A figura 27 exhibe o gráfico que relaciona graficamente as cotas observadas e as cotas previstas para o cenário que considera todos os meses do ano.

Figura 27 – Cotas observadas x Cotas Previstas - Aruanã



Fonte: Próprio autor

4.1.3 Curva de permanência

As curvas de permanência geradas para este trabalho serão exibidas nos apêndices para melhor visualização. O apêndice A exibe a curva de permanência para a estuação Aruanã. As séries mais antigas são representas em tons mais escuros e as mais recentes em tons claros. Pelas curvas de permanência é possível notar o período de baixa disponibilidade hídrica da curva referente ao ciclo de 1970-1974. A curva referente ao ciclo de 1980-1984 se destaca pelo alto potencial hídrico.

De modo geral, é possível notar que várias das linhas mais claras (referentes a períodos mais recentes) se encontram próximas às aos níveis mais altos de cotas, tornando hipóteses de redução das cotas nesta região do Rio Araguaia muito improváveis.

4.2 Estação Fluviométrica Bandeirantes (25700000)

4.2.1 Análise gráfica

Analizando o Quadro 5, de modo geral a estação Bandeirantes apresentou alternância entre ciclos de baixa e alta, períodos de elevadas altas foram seguidos por ciclos de baixas de intensidade similar e vice-e-versa, como é possível notar nos ciclos de 1979-1983 a 1989-1993. As décadas de 1990, 2000 e 2010 foram marcadas por estabilidade nas cotas médias com pequenas variações percentuais.

O ciclo de 2014-2018 foi um período de poucas chuvas e é natural que tenha havido redução das cotas, no entanto é possível observar um início de recuperação no ano de 2019, e esperado que o ano de 2020 contribua para a manutenção de alta em relação ao ciclo de 2014-2018.

Quadro 5- Variação ciclo a ciclo - Estação Bandeirantes

VARIAÇÃO DÉCADA A DÉCADA								
MÉDIA ANUAL			MESES SECOS			MESES CHUVOSOS		
Década	Média	Variação %	Década	Média	Variação %	Década	Média	Variação %
1974-1978	501		1974-1978	383		1974-1978	689	
1979-1983	599	19,43%	1979-1983	423	10,57%	1979-1983	839	21,83%
1984-1988	533	-10,99%	1984-1988	390	-7,81%	1984-1988	727	-13,41%
1989-1993	577	8,22%	1989-1993	421	7,83%	1989-1993	770	6,00%
1994-1998	574	-0,43%	1994-1998	414	-1,51%	1994-1998	762	-1,13%
1999-2003	552	-3,83%	1999-2003	405	-2,23%	1999-2003	734	-3,70%
2004-2008	556	0,62%	2004-2008	407	0,37%	2004-2008	736	0,40%
2009-2013	568	2,15%	2009-2013	402	-1,17%	2009-2013	761	3,29%
2014-2018	510	-10,16%	2014-2018	381	-5,29%	2014-2018	619	-18,67%
2019	577	13,24%	2019	408	1,30%	2019	660	6,69%
MÉDIA GERAL ESTAÇÃO			MÉDIA GERAL ESTAÇÃO			MÉDIA GERAL ESTAÇÃO		
	555			406			757	

Fonte: Próprio autor

Observando o comportamento da estação em relação aos dados iniciais têm-se um panorama diferente. Como mostra Quadro 6, mesmo nos períodos de redução mais acentuada levando-se em conta os dados mais antigos é possível observar que estes não superaram as mínimas históricas. Um ponto importante a se observar é a redução das cotas durante os meses chuvosos no ciclo 2014-2018, porém como mostrado na tabela 8, o ano de 2019 pode ter iniciado um ciclo de recuperação.

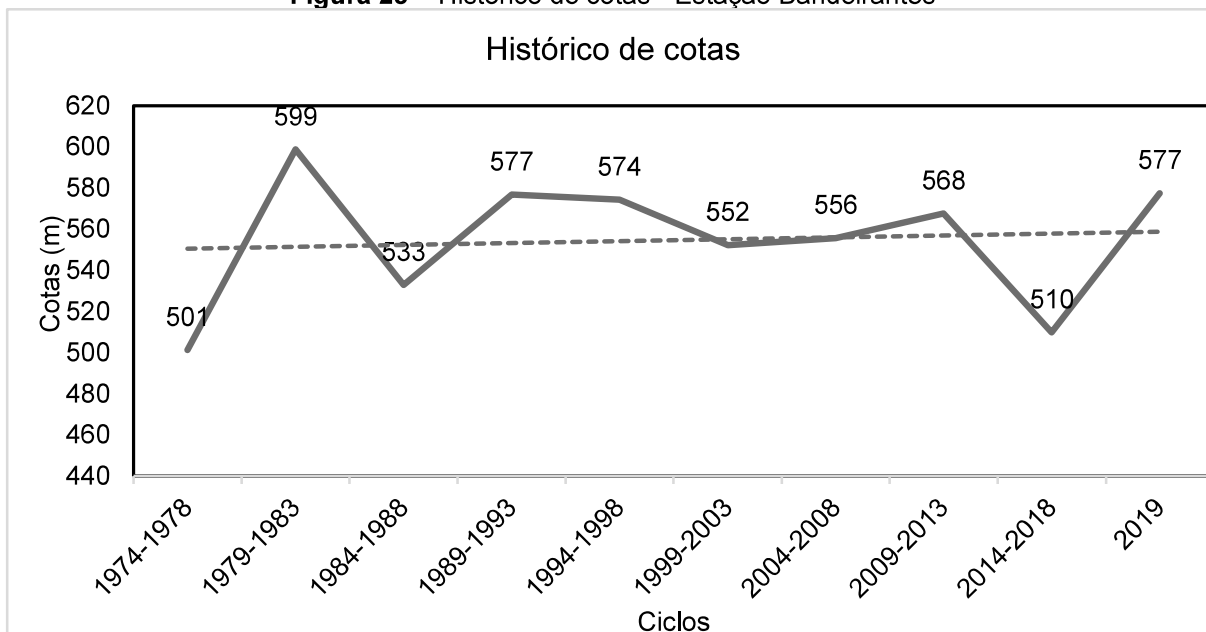
Quadro 6 - Variação em relação aos períodos iniciais – Estação Bandeirantes

VARIAÇÃO EM RELAÇÃO À PRIMEIRA DÉCADA ESTUDADA								
MÉDIA ANUAL			MESES SECOS			MESES CHUVOSOS		
Década	Média	Variação %	Década	Média	Variação %	Década	Média	Variação %
1974-1978	501		1974-1978	383		1974-1978	689	
1979-1983	599	19,43%	1979-1983	423	10,57%	1979-1983	839	21,83%
1984-1988	533	6,31%	1984-1988	390	1,93%	1984-1988	727	5,49%
1989-1993	577	15,05%	1989-1993	421	9,92%	1989-1993	770	11,81%
1994-1998	574	14,55%	1994-1998	414	8,26%	1994-1998	762	10,55%
1999-2003	552	10,16%	1999-2003	405	5,84%	1999-2003	734	6,46%
2004-2008	556	10,84%	2004-2008	407	6,23%	2004-2008	736	6,88%
2009-2013	568	13,22%	2009-2013	402	4,99%	2009-2013	761	10,39%
2014-2018	510	1,71%	2014-2018	381	-0,56%	2014-2018	619	-10,22%
2019	577	15,18%	2019	408	6,70%	2019	660	-4,21%

Fonte: Próprio autor

Como comentado é possível evidenciar na Figura 28 que exibe o histórico de cotas da estação, os períodos de baixa durante os ciclos de 1974-1978 e 2014-2018 e os de relativa estabilidade durante as décadas de 1990, 2000 e 2010. O gráfico apresenta pontos de vale e cume o que pode indicar a presença de atividades antrópicas ou características morfológicas do rio propícias a ocasionar tais fenômenos.

Figura 28 – Histórico de cotas - Estação Bandeirantes



Fonte: Próprio autor

4.2.2 Análise estatística

As análises estatísticas realizadas com os dados da Estação Bandeirantes são apresentados na tabela 4 e apresentaram coeficientes muito similares aos calculados com os dados da estação Aruanã, não sendo pertinente comentá-los novamente, assim, o trabalho irá se limitar a discorrer apenas sobre estações que apresentem panorama diferentes dos já apresentados anteriormente.

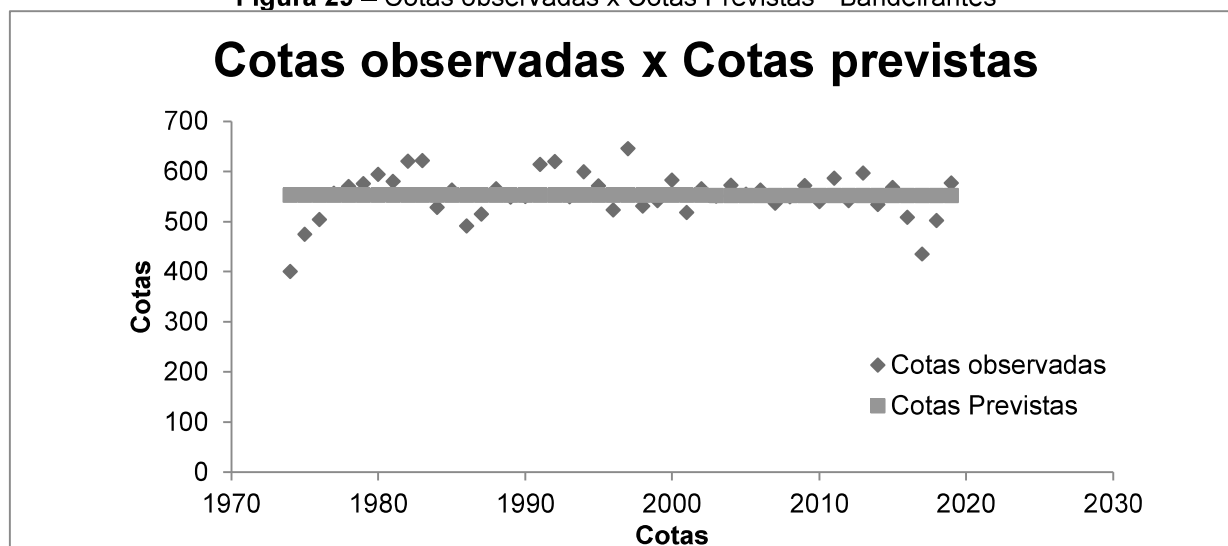
Tabela 4 – Resultados Regressão - Estação Bandeirantes

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,000563939
R-Quadrado	3,18028E-07
Erro padrão	47,06966911
Observações	46

Fonte: Próprio autor

Na figura 29 é possível ver o gráfico que relaciona cotas observadas e previstas para a estação considerando as médias gerais anuais. Nele, é possível notar a linha de cotas previstas quase que sem inclinação o que representa um cenário de estabilidade para o Rio na altura desta estação.

Figura 29 – Cotas observadas x Cotas Previstas - Bandeirantes



Fonte: Próprio autor

4.2.3 Curva de Permanência

A curva de permanência da estação Bandeirantes (Apêndice B) apresenta um panorama parecido com o da estação de Aruanã, no entanto para as menores disponibilidades hídricas (cotas mais baixas) há ainda mais uniformidade, ou seja, em todos os ciclos estados, a partir da 2ª metade do gráfico as cotas encontram-se num nível bastante similar.

Na parte de maiores níveis, as linhas mais claras que representam ciclos mais recentes, ficam entre as curvas dos ciclos mais escuros referentes aos ciclos de 1974-1978 e 1979-1983.

4.3 Estação Fluviométrica Barreira do Pequi (26710000)

4.3.1 Análise gráfica

O Quadro 7 que relaciona as variações das cotas médias em ciclos de 5 anos, exhibe um panorama em constante redução das cotas do Rio Araguaia na Região da estação Barreira do Pequi, isso pode ser em parte explicado pelo ciclo de 1991-1995 que registrou uma alta muito significativa e assim era natural esperar que houvesse uma correção nos próximos ciclos.

Quadro 7 - Variação ciclo a ciclo - Estação Barreira do Pequi

VARIAÇÃO DÉCADA A DÉCADA								
Década	Cota média	Variação %	Década	Média	Variação %	Década	Média	Variação %
1986-1990	167		1986-1990	28		1986-1990	404	
1991-1995	210	25,59%	1991-1995	36	30,55%	1991-1995	392	-3,03%
1996-2000	180	-13,96%	1996-2000	27	-26,11%	1996-2000	367	-6,34%
2001-2005	178	-1,27%	2001-2005	26	-1,48%	2001-2005	362	-1,46%
2006-2010	149	-16,31%	2006-2010	29	10,20%	2006-2010	294	-18,63%
2011-2014	146	-2,27%	2011-2014	30	4,22%	2011-2014	306	4,11%
2015-2019	108	-26,03%	2015-2019	26	-12,33%	2015-2019	153	-50,00%
MÉDIA GERAL ESTAÇÃO			MÉDIA GERAL ESTAÇÃO	162		MÉDIA GERAL ESTAÇÃO	29	
							326	

Fonte: Próprio autor

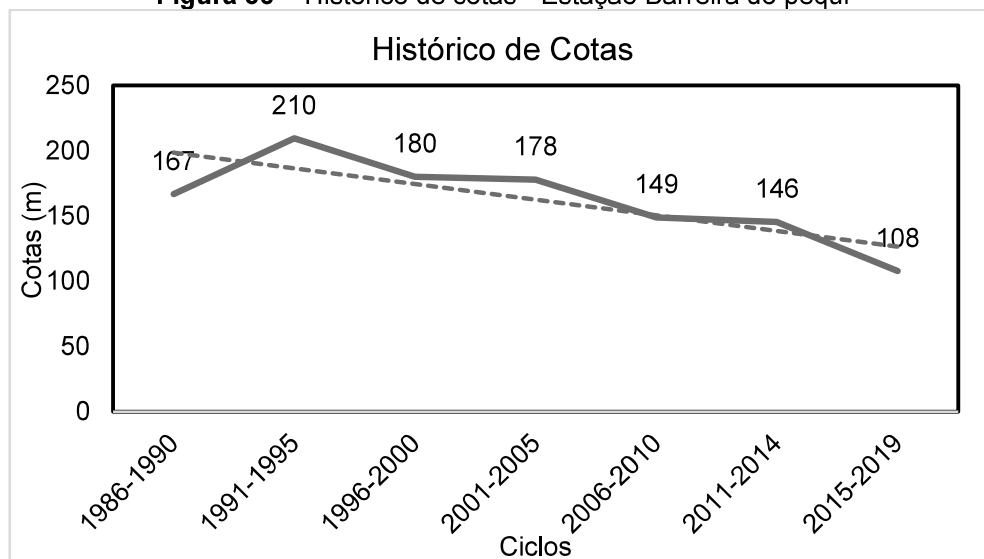
No entanto o Quadro 8 mostra que mesmo levando-se em conta os níveis iniciais, a redução foi constante na média geral, puxada principalmente pela diminuição dos níveis nos meses chuvosos. Nos meses secos os níveis se mantiveram constantes.

Quadro 8- Variação em relação aos períodos iniciais - Estação Barreira do Pequi

VARIAÇÃO EM RELAÇÃO À PRIMEIRA DÉCADA ESTUDADA								
Década	Cota média	Variação %	Década	Média	Variação %	Década	Média	Variação %
1986-1990	167		1986-1990	28		1986-1990	404	
1991-1995	210	25,59%	1991-1995	36	30,55%	1991-1995	392	-3,03%
1996-2000	180	8,06%	1996-2000	27	-3,55%	1996-2000	367	-9,17%
2001-2005	178	6,69%	2001-2005	26	-4,97%	2001-2005	362	-10,50%
2006-2010	149	-10,71%	2006-2010	29	4,73%	2006-2010	294	-27,18%
2011-2014	146	-12,74%	2011-2014	30	9,15%	2011-2014	306	-24,18%
2015-2019	108	-35,45%	2015-2019	26	-4,30%	2015-2019	153	-62,09%

Fonte: Próprio autor

Este cenário de baixa é confirmado ainda pela figura 30 que exhibe o histórico de cotas para a estação. É possível notar uma linha de tendência fortemente inclinada para baixo.

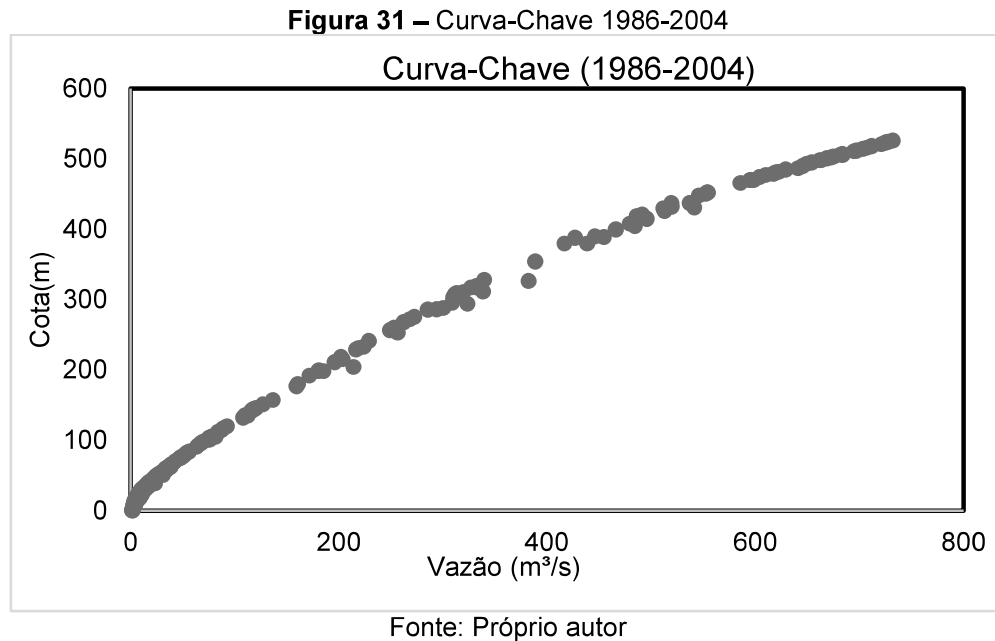
Figura 30 – Histórico de cotas - Estação Barreira do pequi

Fonte: Próprio autor

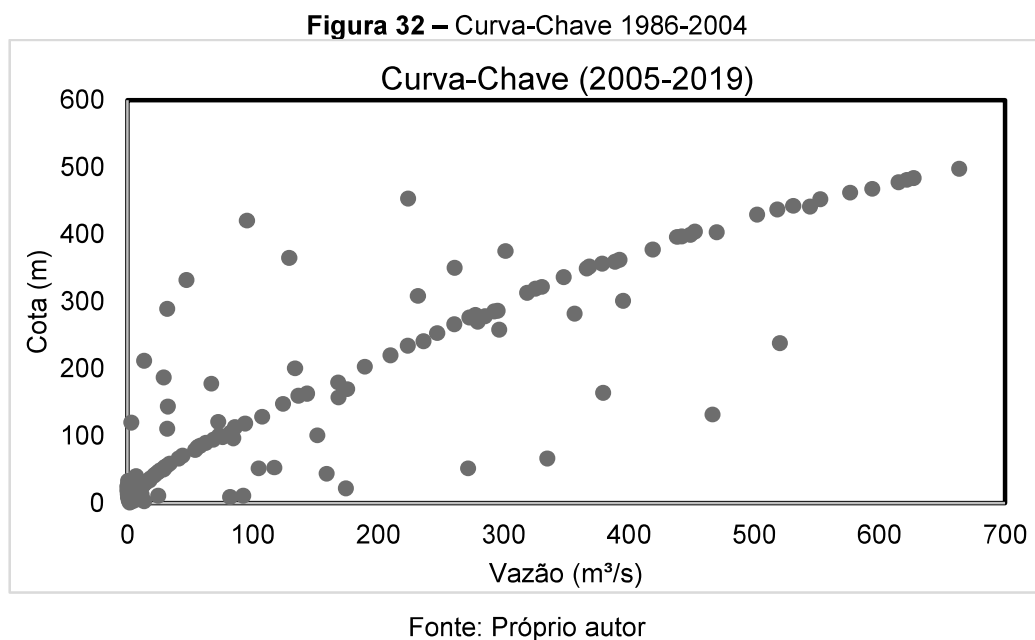
Devido às características morfológicas do Rio Araguaia, em que é comum haver assoreamentos e com níveis mais baixos se comparado à outras estações situadas ao longo do Rio, é possível esperar que esta localidade do Rio esteja mais suscetível a eventos que modifiquem drasticamente o comportamento do rio nesta zona, sejam eles antrópicos ou de ordem natural.

A fim de se evidenciar esses eventos incomuns, foram confeccionadas 2 curvas-chave que relacionam vazão e cota para o mesmo período. A primeira delas

(Figura 31) com os dados de 1986 a 2004, período que ainda havia cotas superiores à primeira média como mostrado no Quadro 8. Na curva-chave é possível notar a proporcionalidade entre cota e vazão.



Já para a curva-chuva gerada para o período de 2004 a 2019 (Figura 32) é possível notar várias inconformidades no gráfico. Existem períodos em que o aumento da vazão não foi acompanhado do aumento de cota ou o contrário.



Assim é possível que tenha havido eventos extremos que alteraram a dinâmica do Rio nesta região ou erros na notação dos resultados de vazão e/ou cota. Mesmo assim, essas desconformidades permitem percebermos uma correlação bastante intensa na maioria dos dados, sendo suficiente para haver desconsideração apenas dos dados discrepantes.

4.3.2 Análise estatística

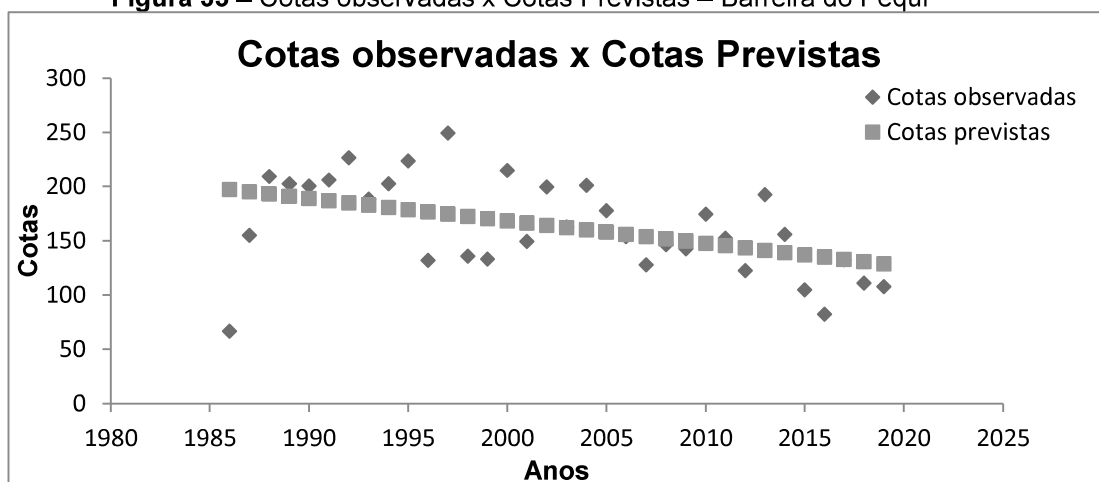
A regressão gerada através dos dados da estação Barreira do Pequi apresentam coeficientes mais próximos de um modelo que poderia ser aceito, mas ainda assim com significância muito alta (Tabela 5) o que inviabiliza a sua utilização e deixa evidente que apenas o avanço do tempo não é suficiente para explicar a dinâmica do Rio Araguaia.

Tabela 5 – Resultados Regressão - Estação Barreira do Pequi

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	-0,470925
R-Quadrado	0,221771
Erro padrão	39,32871
Observações	34

Fonte: Próprio autor

Outra ferramenta gráfica e estatística que evidencia a diminuição dos níveis é o gráfico que relaciona as cotas previstas pelo modelo de regressão com as observadas, em ambos os casos é possível notar uma tendência de diminuição (Figura 33).

Figura 33 – Cotas observadas x Cotas Previstas – Barreira do Pequi

Fonte: Próprio autor

4.3.3 Curva de Permanência

Na curva de permanência exibida no apêndice C, é possível notar que em todos os ciclos estudados existem níveis próximos a zero nos meses secos, além disso fica evidente que a linha mais clara do ciclo de 2016-2020 possui baixa disponibilidade se comparada aos outros ciclos estudados e de modo geral é possível notar que o potencial tem diminuído ao longo do tempo, o que corrobora com a discussão apresentada ao longo deste capítulo.

4.4 Estação Fluviométrica São Félix do Araguaia (26350000)

4.4.1 Análise gráfica

A partir do Quadro 9 que relaciona as cotas médias para a estação São Félix do Araguaia não é possível notar uma tendência de diminuição ou aumento nos ciclos estudados. No entanto, a partir do ciclo de 1998-2002 os meses chuvosos têm apresentado reduções que, contudo, não impactaram nas médias gerais pois no mesmo período os meses secos apresentaram ou aumento ou estabilidade.

Quadro 9 - Variação ciclo a ciclo - Estação São Félix do Araguaia

VARIAÇÃO A CADA 5 ANOS											
MÉDIA ANUAL			MESES SECOS			MESES CHUVOSOS					
Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %
1973-1977	474		1973-1977	329		1973-1977	643		1973-1977	643	
1978-1982	559	18,03%	1978-1982	371	12,98%	1978-1982	790	22,82%	1978-1982	790	22,82%
1983-1987	488	-12,73%	1982-1987	321	-13,65%	1982-1987	681	-13,75%	1982-1987	681	-13,75%
1988-1992	517	5,96%	1988-1992	338	5,42%	1988-1992	675	-0,90%	1988-1992	675	-0,90%
1993-1997	551	6,50%	1993-1997	362	7,11%	1993-1997	791	17,08%	1993-1997	791	17,08%
1998-2002	479	-12,96%	1998-2002	307	-15,14%	1998-2002	687	-13,06%	1998-2002	687	-13,06%
2003-2007	484	0,93%	2003-2007	307	-0,21%	2003-2007	665	-3,23%	2003-2007	665	-3,23%
2008-2012	477	-1,30%	2008-2012	307	0,05%	2008-2012	662	-0,42%	2008-2012	662	-0,42%
2013-2017	457	-4,20%	2013-2017	294	-4,06%	2013-2017	614	-7,23%	2013-2017	614	-7,23%
2018-2019	490	7,08%	2018-2019	316	7,46%	2018-2019	574	-6,66%	2018-2019	574	-6,66%
MÉDIA GERAL ESTAÇÃO			MÉDIA GERAL ESTAÇÃO	498		MÉDIA GERAL ESTAÇÃO	325		MÉDIA GERAL ESTAÇÃO		678

Fonte: Próprio autor

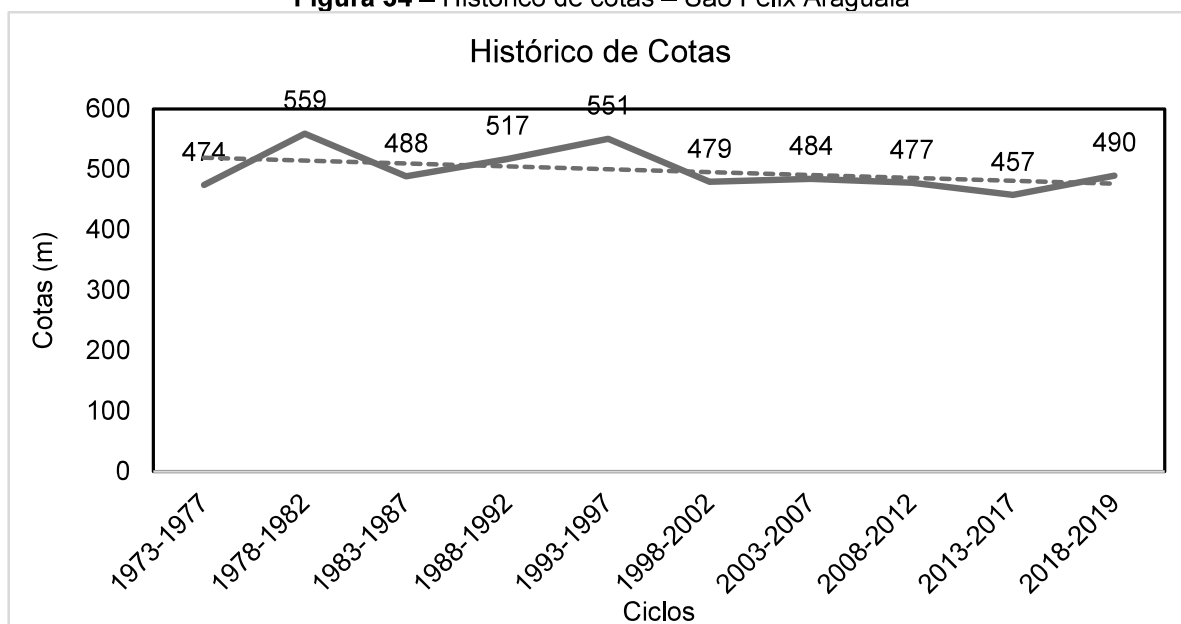
O Quadro 10 mostra que se comparado aos ciclos iniciais, o panorama é de crescimento nas médias gerais, exceto pelo ciclo de 2013-2017 mesmo que a partir do ciclo de 1998-2002 os meses secos tenham apresentado menores cotas.

Quadro 10- Variação em relação aos períodos iniciais - Estação São Félix do Araguaia

VARIAÇÃO EM RELAÇÃO À PRIMEIRA DÉCADA ESTUDADA											
MÉDIA ANUAL			MESES CHUVOSOS			MESES SECOS					
Década	Média	Variação %	Década	Média	Variação %	Década	Média	Variação %	Década	Média	Variação %
1973-1977	474		1973-1977	329		1973-1977	643		1973-1977	643	
1978-1982	559	18,03%	1978-1982	371	11,49%	1978-1982	790	22,82%	1978-1982	790	22,82%
1982-1987	488	3,00%	1982-1987	321	-2,16%	1982-1987	681	5,94%	1982-1987	681	5,94%
1988-1992	517	9,14%	1988-1992	338	2,53%	1988-1992	675	4,99%	1988-1992	675	4,99%
1993-1997	551	16,13%	1993-1997	362	9,00%	1993-1997	791	22,92%	1993-1997	791	22,92%
1998-2002	479	1,16%	1998-2002	307	-5,77%	1998-2002	687	6,87%	1998-2002	687	6,87%
2003-2007	484	2,10%	2003-2007	307	-5,94%	2003-2007	665	3,42%	2003-2007	665	3,42%
2008-2012	477	0,77%	2008-2012	307	-5,90%	2008-2012	662	2,98%	2008-2012	662	2,98%
2013-2017	457	-3,46%	2013-2017	294	-9,25%	2013-2017	614	-4,47%	2013-2017	614	-4,47%
2018-2019	490	3,37%	2018-2019	316	-3,34%	2018-2019	574	-10,83%	2018-2019	574	-10,83%

Fonte: Próprio autor

A figura 34 que exibe o histórico de cotas ao longo do tempo para a estação mostra um cenário de estabilidade com uma linha de tendência de inclinação negativa muito tímida e que a partir do último ciclo foi puxada para cima devido aos anos chuvosos de 2019 e até então, de 2020.

Figura 34 – Histórico de cotas – São Félix Araguaia

Fonte: Próprio autor

4.4.2 Análise estatística

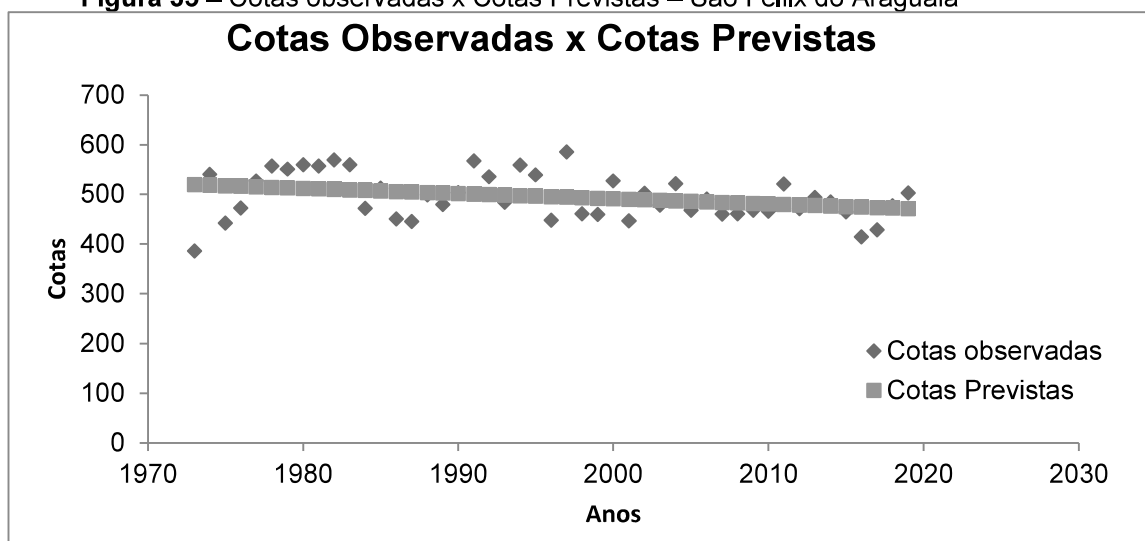
Os resultados da regressão com os dados da estação estudada são apresentados na Tabela 6 e apresentam coeficientes muito próximos dos já comentados ao longo do trabalho.

Tabela 6 – Resultados Regressão - Estação São Félix do Araguaia

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	-0,31149
R-Quadrado	0,097026
Erro padrão	44,26449
Observações	47

Fonte: Próprio autor

A figura 35 exibe as cotas previstas pelo modelo e as observadas, é possível notar uma leve inclinação negativa da reta gerada pela equação da regressão.

Figura 35 – Cotas observadas x Cotas Previstas – São Félix do Araguaia

Fonte: Próprio autor

4.4.3 Curva de Permanência

No apêndice D é possível observar a curva de permanência da Estação São Félix do Araguaia apresenta relativa estabilidade para todos os ciclos estudados ainda que o período de 1973-1977 se destaque com maiores níveis que os demais ciclos.

4.5 Estação Fluviométrica Barreira da Cruz (26800000)

4.5.1 Análise gráfica

A estação Barreira da Cruz, no ciclo de 1970-1974, como mostra o Quadro 11, apresentou um período de baixa disponibilidade hídrica que foi seguido de um período muito chuvoso o que representou um acréscimo de mais de 40%. Durante os demais ciclos a disponibilidade foi reduzida até o período de 2010-2014 em que foi possível notar um pequeno acréscimo de 4,81%. Isso se deu principalmente pelo incremento do nível nos meses chuvosos e pela redução nos meses secos simultaneamente.

No ciclo seguinte (2015-2019) foi possível notar o cenário inverso, com decréscimo na disponibilidade em cerca de 25%. A dinâmica do rio na região da estação Barreira da Cruz pode indicar que as médias gerais considerando todos os meses do ano, podem camuflar eventos extremos, pois é comum esperar meses usualmente chuvosos com menos disponibilidade hídrica e meses secos com

aumento de nível se comparado a ciclos anteriores. No ciclo de 2000-2004 não constavam dados no HidroWeb.

Quadro 11- Variação ciclo a ciclo – Estação Barreira da Cruz

MÉDIA ANUAL			VARIÇÃO A CADA 5 ANOS			MESES CHUVOSOS		
Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %
1970-1974	291		1970-1974	100		1970-1974	401	
1975-1979	421	44,73%	1975-1979	179	78,88%	1975-1979	629	56,86%
1980-1984	381	-9,55%	1980-1984	163	-9,29%	1980-1984	524	-16,72%
1985-1989	329	-13,58%	1985-1989	113	-30,47%	1985-1989	484	-7,51%
1990-1994	319	-3,24%	1990-1994	118	4,69%	1990-1994	496	2,35%
1995-1999	264	-17,11%	1995-1999	103	-12,76%	1995-1999	369	-25,58%
2000-2004			2000-2004			2000-2004		
2005-2009	240		2005-2009	85		2005-2009	290	
2010-2014	252	4,81%	2010-2014	60	-29,91%	2010-2014	424	46,33%
2015-2019	188	-25,51%	2015-2019	103	72,61%	2015-2019	233	-44,96%
MÉDIA GERAL ESTAÇÃO			MÉDIA GERAL ESTAÇÃO			MÉDIA GERAL ESTAÇÃO		
	298			114			428	

Fonte: Próprio autor

Na Quadro 12 que traz as variações percentuais em relação ao primeiro ciclo estudado é possível notar claramente a diminuição da disponibilidade ao longo dos anos.

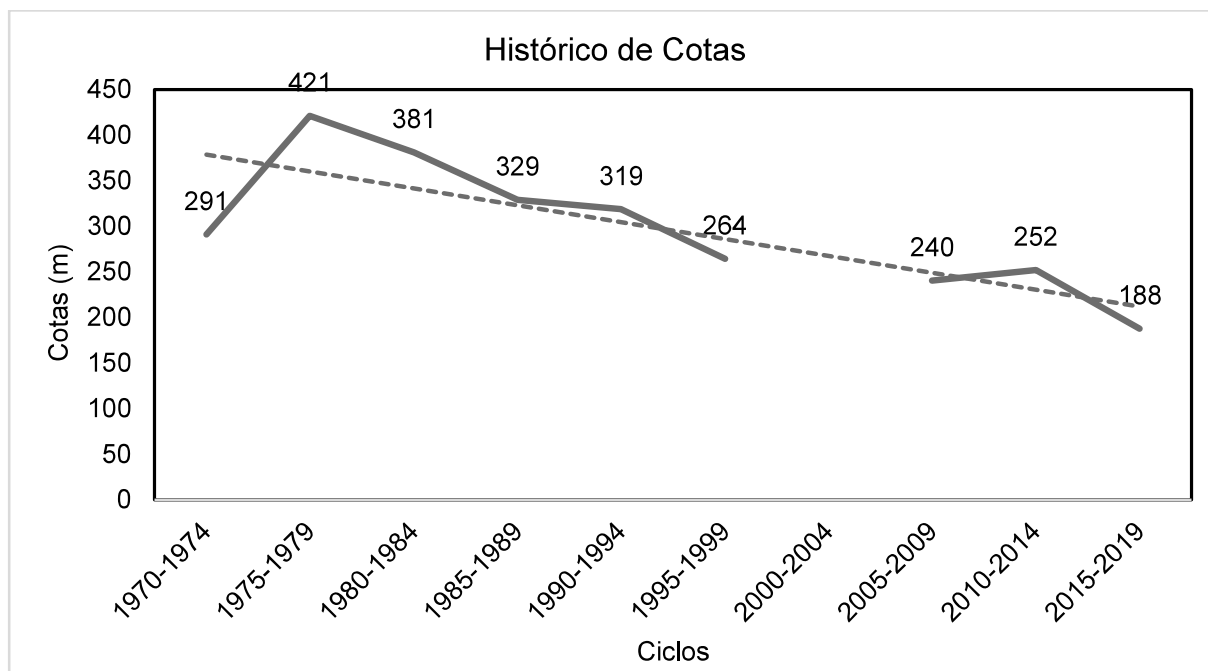
Quadro 12 - Variação em relação aos períodos iniciais – Estação Barreira da Cruz

MÉDIA ANUAL			VARIÇÃO EM RELAÇÃO AOS 5 ANOS INICIAIS			MESES CHUVOSOS		
Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %
1970-1974	291		1970-1974	100		1970-1974	401	
1975-1979	421	44,73%	1975-1979	179	78,88%	1975-1979	629	56,86%
1980-1984	381	30,90%	1980-1984	163	62,26%	1980-1984	524	30,63%
1985-1989	329	13,12%	1985-1989	113	12,81%	1985-1989	484	20,82%
1990-1994	319	9,46%	1990-1994	118	18,10%	1990-1994	496	23,67%
1995-1999	264	-9,27%	1995-1999	103,25	3,04%	1995-1999	369	-7,97%
2000-2004			2000-2004			2000-2004		
2005-2009	240	-17,43%	2005-2009	85,25	-14,93%	2005-2009	290	-27,71%
2010-2014	252	-13,46%	2010-2014	59,75	-40,37%	2010-2014	424	5,78%
2015-2019	188	-35,54%	2015-2019	103	2,92%	2015-2019	233	-41,78%

Fonte: Próprio autor

A figura 36 que relaciona as cotas médias anuais para a estação exibe uma linha de tendência fortemente inclinada para baixa como já possível evidenciar nas tabelas apresentadas anteriormente.

Figura 36 – Histórico de cotas – Barreira da Cruz



Fonte: Próprio autor

4.5.2 Análise estatística

Para a estação Barreira da cruz não foi realizada a análise estatística devido a extensiva quantidade de dados ausentes o que poderia comprometer a qualidade dos resultados.

4.5.2 Curva de permanência

Na curva de permanência (Apêndice E) é possível observar graficamente o panorama discutido anteriormente. As linhas mais escuras que se referem aos primeiros ciclos estudados apresentam maior disponibilidade hídrica que diminui a cada linha mais clara. Houve uma lacuna em que não foi possível obter dados do ciclo de 1993-1997 até o de 2006 e 2010.

4.6 Estação Fluviométrica Araguacema (27320000)

4.6.1 Análise gráfica

Como mostra a Tabela 19, a estação de Araguacema é mais uma estação em que a disponibilidade hídrica foi reduzida. Apesar de uma discreta recuperação no

ciclo de 2002-2006, a tendência geral foi de redução da disponibilidade hídrica constante nesta região do Rio.

Quadro 13 - Variação ciclo a ciclo – Estação Araguacema

VARIAÇÃO A CADA 5 ANOS								
MÉDIA ANUAL			MESES SECOS			MESES CHUVOSOS		
Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %
1977-1981	558		1977-1981	323		1977-1981	846	
1982-1986	515	-7,64%	1982-1986	307	-4,99%	1982-1986	734	-13,20%
1987-1991	484	-6,05%	1987-1991	282	-8,12%	1987-1991	661	-9,92%
1992-1996	480	-0,91%	1992-1996	287	1,90%	1992-1996	684	3,41%
1997-2001	476	-0,85%	1997-2001	277	-3,47%	1997-2001	672	-1,69%
2002-2006	491	3,19%	2002-2006	280	1,23%	2002-2006	708	5,32%
2007-2011	483	-1,59%	2007-2011	272	-2,84%	2007-2011	719	1,51%
2012-2016	444	-8,07%	2012-2016	258	-5,45%	2012-2016	656	-8,79%
2017-2019	426	-4,13%	2017-2019	242	-6,22%	2017-2019	584	-10,86%
MÉDIA GERAL ESTAÇÃO	484		MÉDIA GERAL ESTAÇÃO	281		MÉDIA GERAL ESTAÇÃO	696	

Fonte: Próprio autor

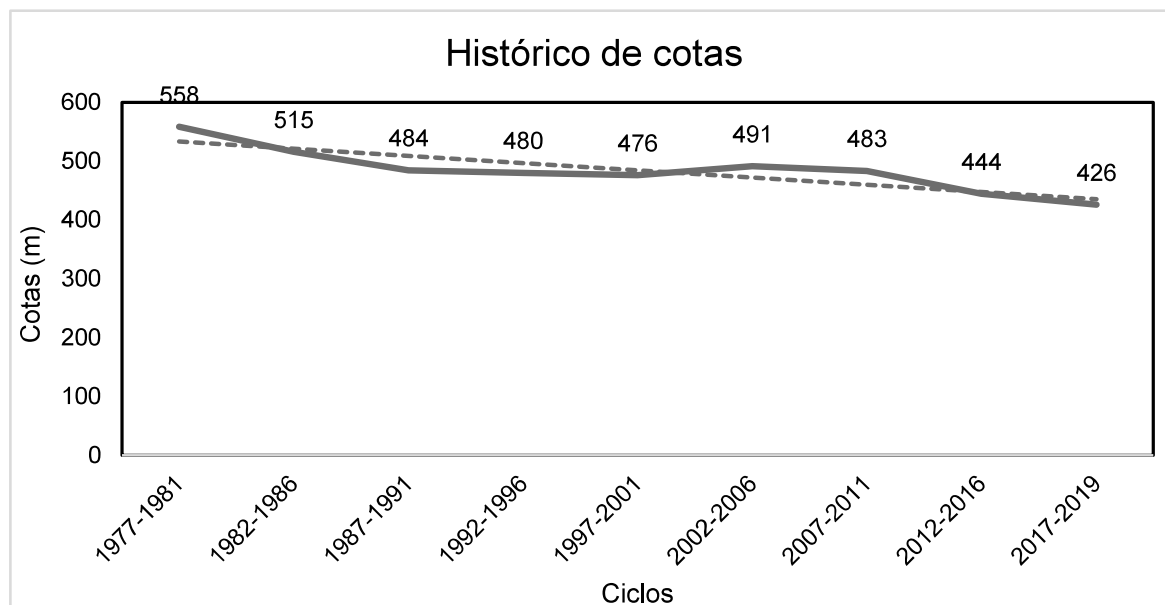
Este cenário é corroborado Quadro 14 que compara os ciclos em relação aos dados mais antigos disponibilizados para a estação.

Quadro 14 - Variação das cotas médias – Estação Araguacema

VARIAÇÃO EM RELAÇÃO AOS 5 ANOS INICIAIS								
MÉDIA ANUAL			MESES SECOS			MESES CHUVOSOS		
Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %
1977-1981	558		1977-1981	323		1977-1981	868	
1982-1986	515	-7,64%	1982-1986	307	-4,99%	1982-1986	744	-14,34%
1987-1991	484	-13,23%	1987-1991	282	-12,71%	1987-1991	673	-22,52%
1992-1996	480	-14,02%	1992-1996	287	-11,05%	1992-1996	701	-19,23%
1997-2001	476	-14,75%	1997-2001	277	-14,14%	1997-2001	677	-22,00%
2002-2006	491	-12,03%	2002-2006	280	-13,08%	2002-2006	680	-21,72%
2007-2011	483	-13,43%	2007-2011	272	-15,55%	2007-2011	719	-17,19%
2012-2016	444	-20,42%	2012-2016	258	-20,15%	2012-2016	641	-26,15%
2017-2019	426	-23,70%	2017-2019	242	-25,11%	2017-2019	697	-19,70%

Fonte: Próprio autor

No entanto, a linha de tendência gerada pelo histórico das cotas anuais para estação (Figura 37), mostra que a diminuição da disponibilidade hídrica, apesar de evidente não foi tão acentuada como já observado em estações anteriormente estudadas.

Figura 37 – Histórico de cotas – Araguacema

Fonte: Próprio autor

4.6.2 Análise estatística

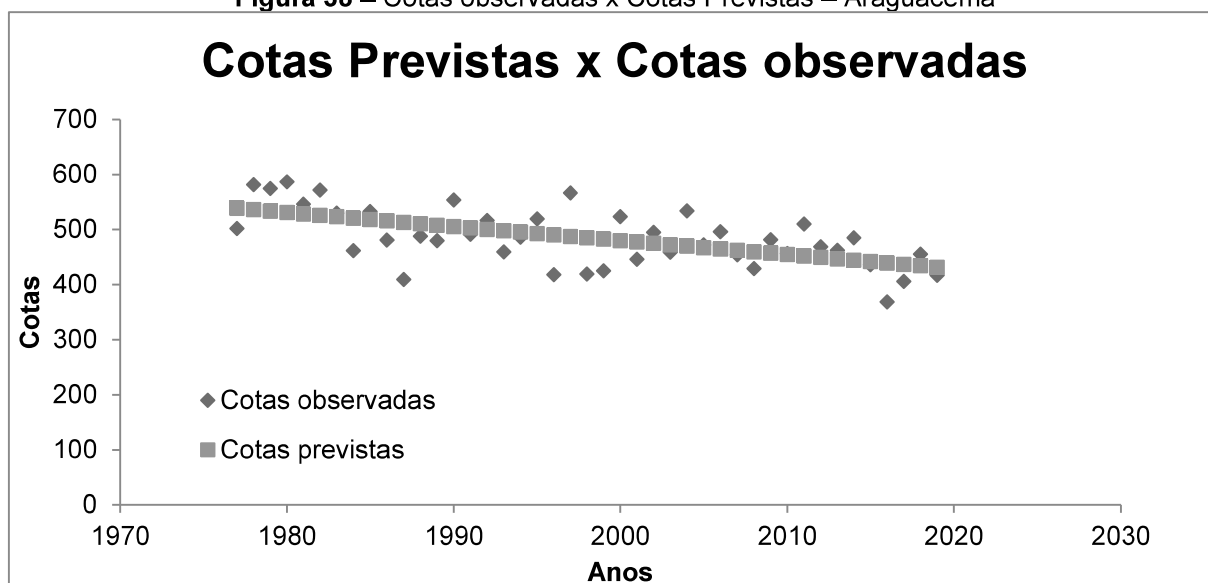
Os resultados da regressão para a estação de Araguacema são exibidos na tabela 7.

Tabela 7 – Resultados Regressão - Estação Araguacema

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	-0,605551837
R-Quadrado	0,366693028
Erro padrão	42,48827466
Observações	43

Fonte: Próprio autor

No gráfico que relaciona as cotas observadas e as previstas pelo modelo (Figura 38), é possível notar claramente a tendência de diminuição em ambos os casos o que corrobora com o que foi explanado ao longo deste item.

Figura 38 – Cotas observadas x Cotas Previstas – Araguacema

Fonte: Próprio autor

4.6.3 Curva de permanência

Na curva de permanência da estação exibida no apêndice F, é possível notar que as maiores disponibilidades hídricas registradas foram observadas no ciclo mais antigo (1977-1981) e as menores para o ciclo mais recente (2017-2021), como percorrido nas análises apresentadas anteriormente, valendo ressaltar que os dados de 2020 e 2021 utilizados neste ciclo foram gerados através de médias dos anos anteriores.

4.7 Estação Fluviométrica Conceição do Araguaia (27500000)

4.7.1 Análise gráfica

O Quadro 15 mostra que a dinâmica do rio na região da Estação Araguacema foi de alternância entre variações positivas negativas da cota média. Para o ciclo de 2015-2019, vale notar o cenário extremo com uma diminuição dos níveis para os meses secos de quase 60% e um incremento de mesma intensidade para os níveis nos meses chuvosos.

Eventos como esse podem mascarar a situação do Rio se observado apenas o ano como todo, situações em que os extremos são acentuados (meses secos ainda

mais secos e meses chuvosos com níveis ainda mais elevados) tendem a inviabilizar atividades econômicas e empreendimentos que dependam de relativa estabilidade hídrica.

Quadro 15 - Variação das cotas médias – Estação Conceição do Araguaia

VARIAÇÃO A CADA 5 ANOS								
MÉDIA ANUAL			MESES SECOS			MESES CHUVOSOS		
Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %
1970-1974	397		1970-1974	283		1970-1974	505	
1975-1979	471	18,63%	1975-1979	521	84,29%	1975-1979	418	-17,16%
1980-1984	534	15,30%	1980-1984	675	29,48%	1980-1984	369	-11,85%
1985-1989	462	-13,44%	1985-1989	443	-34,39%	1985-1989	465	26,10%
1990-1994	429	-7,06%	1990-1994	361	-18,49%	1990-1994	494	6,25%
1995-1999	480	11,75%	1995-1999	384	6,49%	1995-1999	520	5,29%
2000-2004	425	-11,46%	2000-2004	431	12,08%	2000-2004	364	-29,95%
2005-2009	448	5,36%	2005-2009	301	-30,01%	2005-2009	530	48,34%
2010-2014	419	-6,46%	2010-2014	546	81,05%	2010-2014	332	-37,40%
2015-2019	385	-8,13%	2015-2019	218	-60,09%	2015-2019	528	59,25%
MÉDIA GERAL ESTAÇÃO			445	MÉDIA GERAL ESTAÇÃO		416	MÉDIA GERAL ESTAÇÃO	453

O Quadro 16 mostra que apesar da oscilação vista ciclo a ciclo na tabela 21, a situação tende a ser mais estável se vista em relação ao primeiro ciclo estudado. Nas médias anuais os números estiveram acima da primeira média observada, apesar da tendência de diminuição e do ciclo de 2015-2019, que foi o único ciclo com variação negativa.

Além disso é importante ressaltar que variação positiva visto na tabela 22 foi principalmente sustentada pela alta nos meses geralmente mais secos, pois para os meses chuvosos a variação foi majoritariamente negativa, com exceção do último ciclo estudado em que a tendência foi invertida.

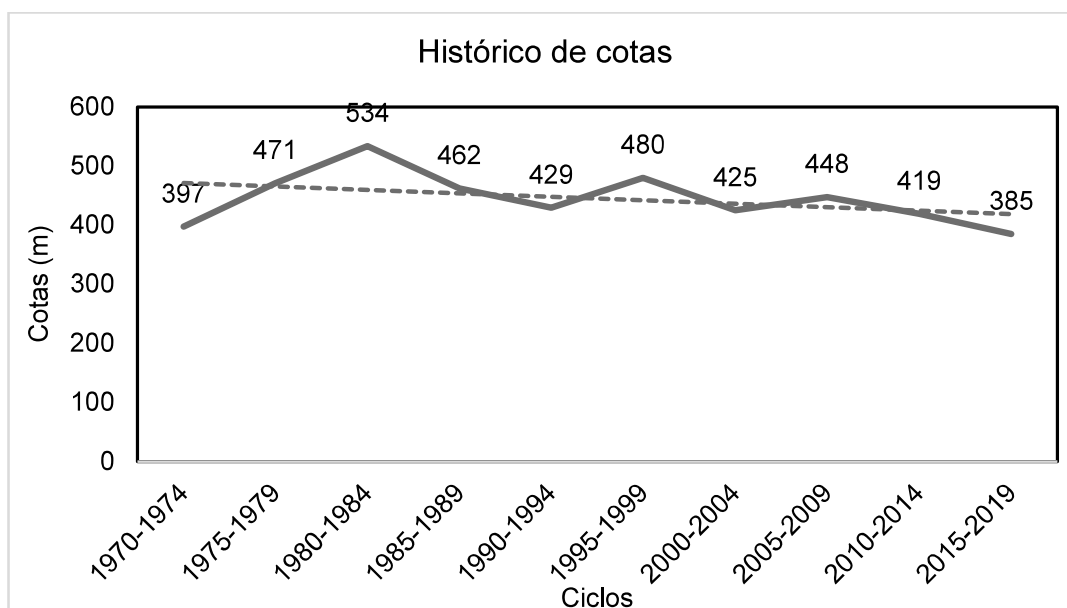
Quadro 16 - Variação das cotas médias – Estação Conceição do Araguaia

VARIAÇÃO EM RELAÇÃO AOS 5 ANOS INICIAIS									
MÉDIA ANUAL			MESES SECOS			MESES CHUVOSOS			
Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %	Período	Média	Variação %	
1970-1974	397		1970-1974	282,7		1970-1974	505		
1975-1979	471	18,63%	1975-1979	521	84,29%	1975-1979	418		-17,16%
1980-1984	534	34,41%	1980-1984	674,6	138,63%	1980-1984	369		-26,98%
1985-1989	462	16,34%	1985-1989	442,6	56,56%	1985-1989	465		-7,92%
1990-1994	429	8,13%	1990-1994	360,75	27,61%	1990-1994	494		-2,16%
1995-1999	480	20,84%	1995-1999	384,15	35,89%	1995-1999	520		3,01%
2000-2004	425	7,00%	2000-2004	430,55	52,30%	2000-2004	364		-27,84%
2005-2009	448	12,73%	2005-2009	301,35	6,60%	2005-2009	530		4,88%
2010-2014	419	5,45%	2010-2014	545,6	93,00%	2010-2014	332		-34,35%
2015-2019	385	-3,12%	2015-2019	218	-22,98%	2015-2019	528		4,55%

Fonte: Próprio autor

A figura 39, que exhibe o histórico das cotas anuais apresenta uma leve inclinação para baixo que pode ser explicada pela inédita variação negativa no ciclo de 2015-2019.

Figura 39 – Histórico de cotas – Conceição do Araguaia



Fonte: Próprio autor

4.7.2 Análise estatística

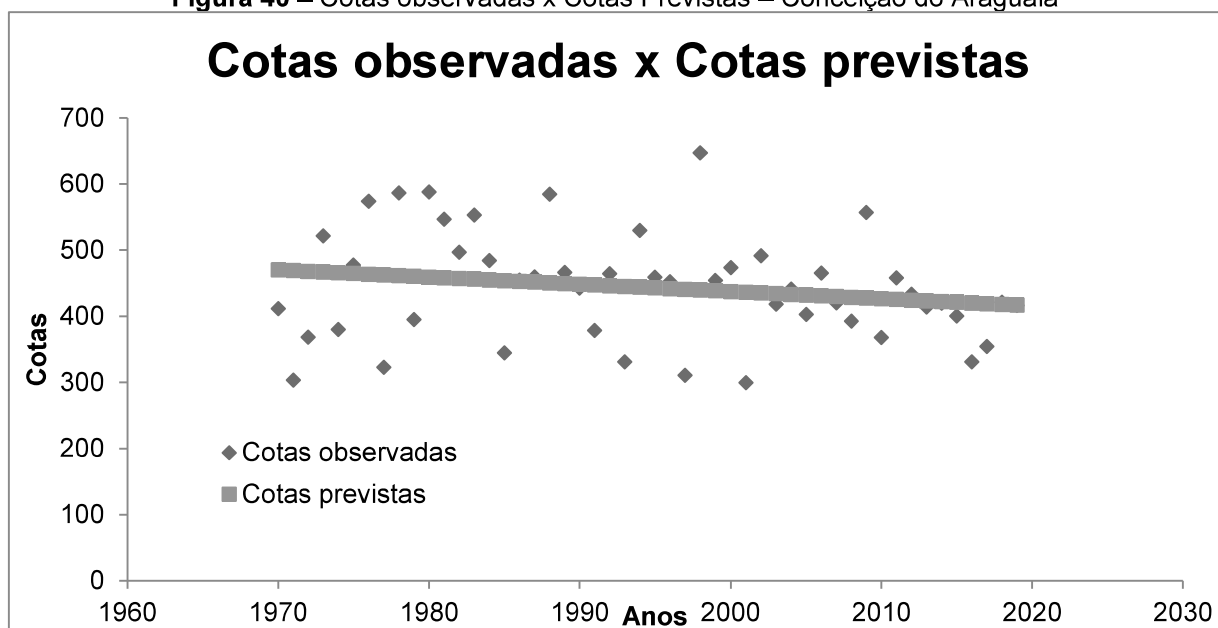
Os resultados da regressão para a estação são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 – Resultados Regressão - Estação Conceição

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	-0,194110412
R-Quadrado	0,037678852
Erro padrão	81,10653302
Observações	50

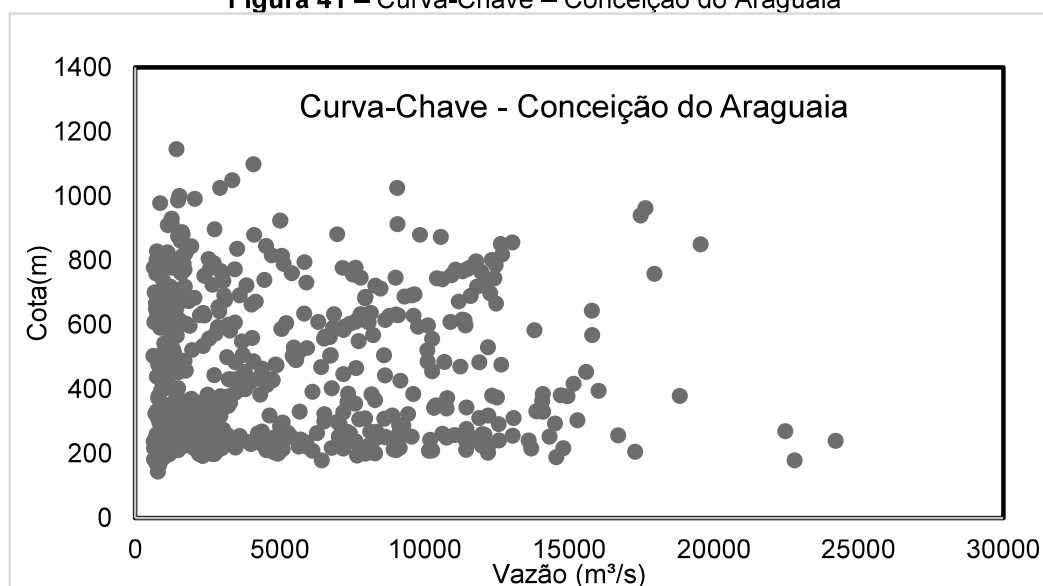
Fonte: Próprio autor

Na figura 40 que relaciona as cotas observadas com as cotas previstas pelo modelo, é possível ver que tanto na dispersão quanto na reta gerada com os pontos de cotas previstas há uma leve inclinação para baixo, puxada principalmente pelo ciclo de 2015-2019, como dito anteriormente.

Figura 40 – Cotas observadas x Cotas Previstas – Conceição do Araguaia

Fonte: Próprio autor

A figura 41 exibe a curva chave criada para a estação Conceição do Araguaia. Com os dados é possível notar claras inconsistências numéricas, por exemplo para a mesma cota de cerca de 200 metros existem vazões que vão de 1000 a 25000 m³/s. Situações como essa são pouco prováveis de terem acontecido na realidade.

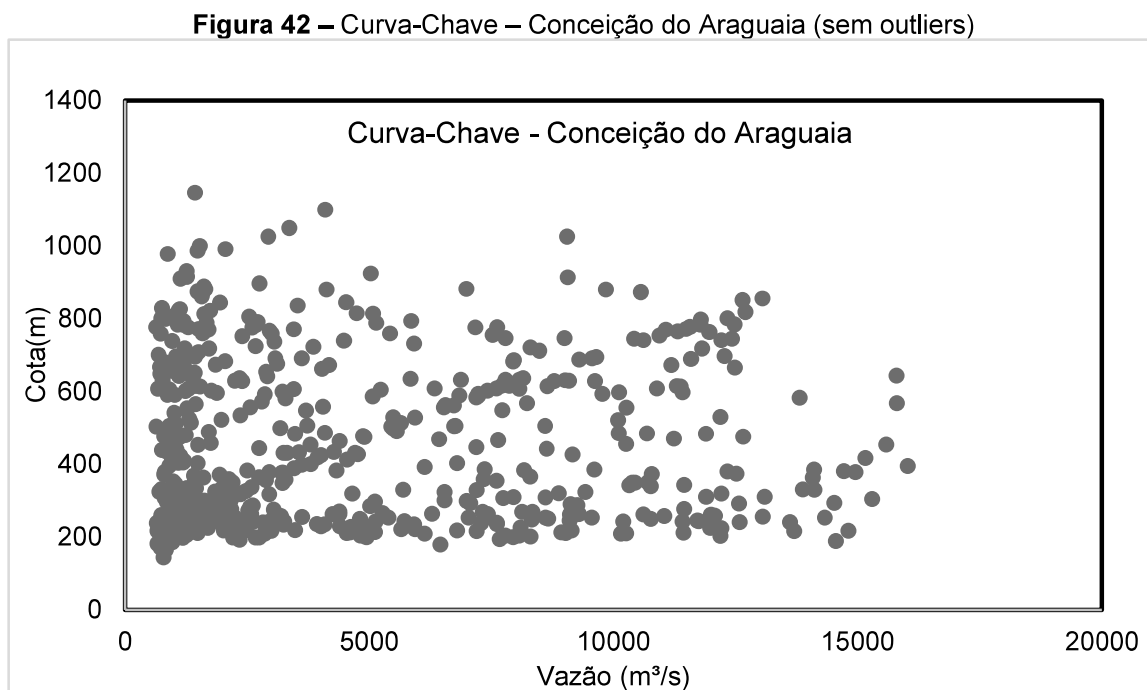
Figura 41 – Curva-Chave – Conceição do Araguaia

Fonte: Próprio autor

Na figura 41 existem cerca de 10 pontos muito distantes da massa de dados que influenciaram na construção da curva-chave, estes pontos foram tirados da amostra e com os dados restantes foi confeccionada uma nova curva-chave (Figura

42). É possível notar mais claramente ao centro da figura uma linha que acompanha proporcionalmente o crescimento de cota e vazão o que é de se esperar em situações normais.

No entanto, a grande maioria dos dados encontra-se distribuída de forma aleatória pelo gráfico desrespeitando a relação que há entre cota e vazão.



Fonte: Próprio autor

4.7.3 Curva de permanência

Na curva de permanência gerada com os dados da estação (Apêndice G), é possível ver que para 20% das maiores disponibilidades há 3 grupos de linhas. Notadamente a do ciclo de 1980-1984 na parte superior, na parte inferior a linha mais recente e a mais antiga (1970-1974 e 2015-2019), entre elas está o restante da massa de dados. A linha que representa o ciclo de 1980-1984 permanece em destaque em disponibilidades de cerca de 60%, a partir daí tende a se juntar aos outros períodos estudados.

4.8 Resumo dos resultados

O Quadro 17 sintetiza os resultados obtidos ao longo do trabalho. A média exibida na tabela refere-se a todos os dados obtidos desde o início das medições, e a variação relaciona a média do primeiro e do último ciclo estudado para cada estação.

Quadro 17– Resumo dos resultados obtidos

Item	Estação	Cód. HidroWeb	Média anual (m)	Variação %
1	Aruanã	25200000	290	▲ 28%
2	Bandeirantes	25700000	555	▲ 15%
3	Barreira do Pequi	26710000	162	▼ -35%
4	São Félix do Araguaia	26350000	498	■ 3%
5	Barreira da Cruz	26800000	298	▼ -36%
6	Araguacema	27320000	484	▼ -24%
7	Conceição do Araguaia	27500000	445	■ -3%

Fonte: Próprio autor

Variações médias entre -5 e 5% foram consideradas estáveis, e acima e abaixo desses valores, positivas e negativas, respectivamente. Assim, das 7 estações estudadas 2 apresentaram variação positiva, 2 se mantiveram estáveis e 3 apresentaram variação negativa, sendo que entre estas está a estação com menor média geral anual o que a torna mais suscetível a alterações sejam elas antrópicas ou não.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se então que dada a grande extensão do Rio Araguaia, a melhor forma de se traçar um panorama acerca de seus níveis é estudar localmente os números e especificidades de cada região, considerando além das características naturais todas as ações antrópicas. Pois como mostrado no estudo existem variações tanto positivas quanto negativas.

De um modo geral podemos afirmar que a situação dos níveis do Rio Araguaia, com base em todas as informações levantadas e organizadas por este trabalho, permaneceram estáveis, contudo, tecnicamente, é preferível analisar a situação localmente devido a fatores que não puderam ser analisados neste estudo como a manutenção das vazões devido a possíveis alterações no leito do Rio.

Como sugestão para aprofundamento da pesquisa, recomenda-se que para as estações com variação negativa e para todas as outras de modo geral, cruzar as informações levantadas neste trabalho com outras como vazões outorgadas, investigação in loco, histórico de pluviometria, morfologia do rio e incluir estas variáveis em modelos matemáticos mais robustos.

REFERÊNCIAS

(ANA), Agência Nacional de Águas (Org.). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR), 2019. 75 p.

ANGELO, Claudio; FEITOSA, Cyntia. **País poderá viver drama climático em 2040, indicam estudos da Presidência**. 2015. Disponível em: <<http://www.observatoriodoclima.eco.br/pais-podera-viver-drama-climatico-em-2040/>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

BARBETTA, Pedro Alberto; REIS, Marcelo Menezes; BORNIA, Antonio Cezar. **Estatística Para Cursos de Engenharia e Informática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2018. 416 p.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BARROS, A.J.S.; LEHFELD, N.A.S. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BERNARDO, S. **Desenvolvimento da irrigação no Brasil**. Rev. Brasileira de Engenharia - Caderno de Recurso Hídricos, 7(2):31-38. 1989.

BRASIL. Governo Federal. Secretaria de Assuntos Estratégicos. **Brasil 2040: Resumo executivo**. Brasília, 2015. 62 p.

CARVALHO, Thiago Morato de. Técnicas de Medição de Vazão por Meios Convencionais e Não Convencionais. **RBGF – Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 1, n. 1, p.73-85, 05 nov. 2008. Bimestral. Disponível em: <<https://bit.ly/2XRlXNp>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

CIRILO, José Almir. Crise hídrica: desafios e superação. **Revista USP**, São Paulo, n. 106, p.47-58, set. 2015. Trimestral. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/110102/108685/>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

EMÍLIO, Luis. **Apostila fluviométrica CTH**. Porto Alegre: Ufrgs, 2006. 73 p. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/cth-iph/wp-content/uploads/2016/03/Apostila-de-fluviometria-prof-Luis-Emilio.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2019.

ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 38., 2010, Salvador. **Revista da ANPEC**. Niterói: UFF, 2010. 20 p. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2010/inscricao/arquivos/000-7b96492838d085e952fcb78337f4ce23.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FERNANDEZ, M. N. **PREENCHIMENTO DE FALHAS EM SERIES TEMPORAIS**. 2007. 106 f. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Oceânica), Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2007.

FGV. **Revista de Economia Agrícola da FGV - AGROANALYSIS**. Vol. 18, nº 3. 1998. 80p.

FINKLER, Raquel. **Planejamento, Manejo e Gestão de Bacias**. Caxias do Sul: FSG, 2014. 55 p. Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/82/2/Unidade_1.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2019.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

G1. Palmas, 27 jul. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2016/07/longo-periodo-de-estiagem-castiga-rio-urubu-na-regiao-oeste-do-tocantins.html>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

G1. Palmas, 28 jul. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2016/07/produtores-descumprem-acordo-para-desligar-bombas-e-rios-secam-no.html>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOMES, J. & SANTOS, I. Análise comparativa de campanhas de medição de descarga líquida pelos métodos convencional e acústico. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2003. p.32-36.

LIMA, W.P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ. USP, 1976.

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.

MACHADO, Renato Luiz Abreu. **Degradação ambiental castiga os rios, lagos e mananciais do país**. 2017. Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br/consea/comunicacao/noticias/2017/julho/degradacao-ambiental-castiga-os-rios-lagos-e-mananciais-do-pais>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

MAROCO, J.; **Análise Estatística** – Com utilização do SPSS, 2ª edição; Edições Sílabo; 2003.

MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MÉLLO JUNIOR, Arisvaldo Vieira; BONECARRERE, Joaquin. **Curva de Permanência**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2019. 36 slides, color.

Disponível em: <http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=22552>. Acesso em: 11 mar. 2019.

Plano estratégico de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia: relatório síntese / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA; SPR, 2009. 256 p.

PORTO, Rubem La Laina. **Medição de Vazão Curva-Chave**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001. 49 p. Disponível em: http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=6777. Acesso em: 20 jan. 2020.

RODRIGUES, Sandra Cristina Antunes. **Modelo de Regressão Linear e suas Aplicações**. Covilhã: Universidade da Beira Interior, 2012. 94 p. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/1869/1/Tese%20Sandra%20Rodrigues.pdf>. Acesso em: 23 set. 2019.

SCHNEIDER, Paulo Smith Smith. **Medição de Velocidade e Vazão de Fluidos**. Porto Alegre: Geste, 2000. 24 p. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/medterm/areas/area-ii/vazao_mt.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2019.

SETTI, A.A.; LIMA, J.E.F.W.; CHAVES, A.G.M.; PEREIRA, I.C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL - ANA. 328p, 2001.

SHIKLOMANOV, Igor A. **World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st century**. Paris: UNESCO, 1998. p. 6.

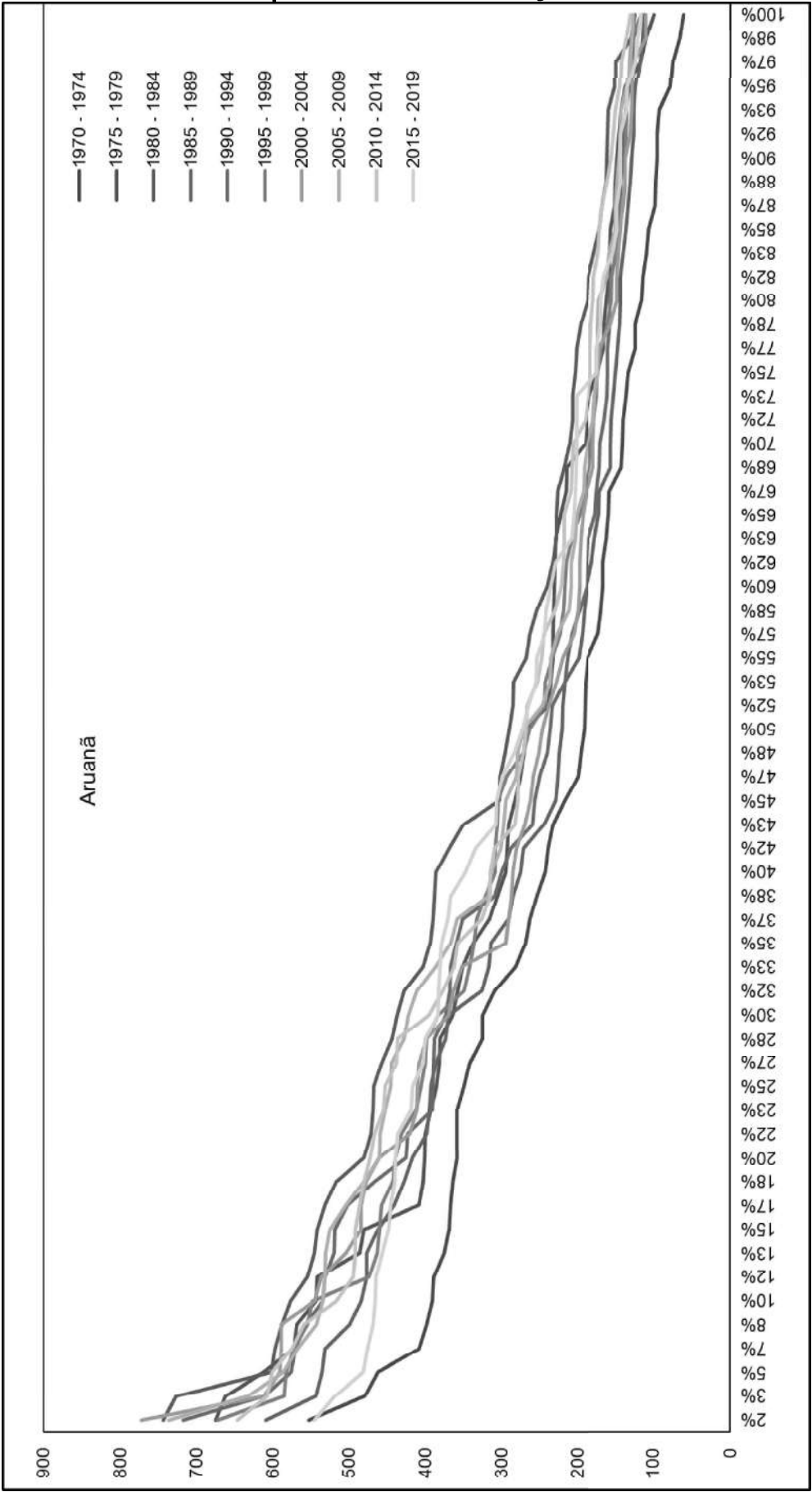
STERN, N. **The Economics of Climate Change – the Stern Review**. Cambridge: Cambridge University Press. 2007.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

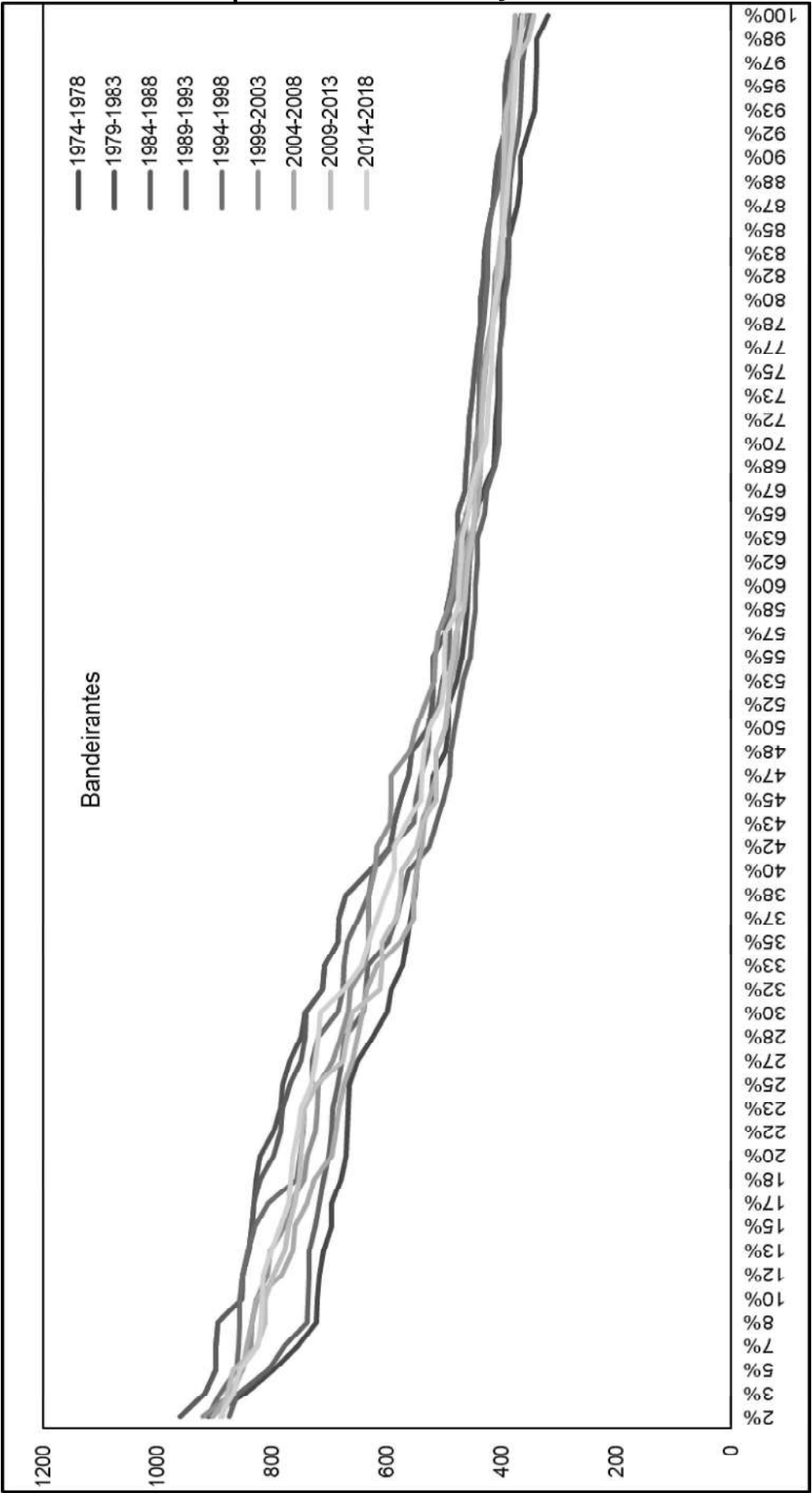
TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. EDUSP, Editora da UFRGS, ABRH, 952p. 1993.

VENTURA, T, M.; OLIVEIRA, A. G. de. et al. Uma abordagem computacional para preenchimento de falhas em dados micro meteorológicos. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 27, p. 61-69, 2013.

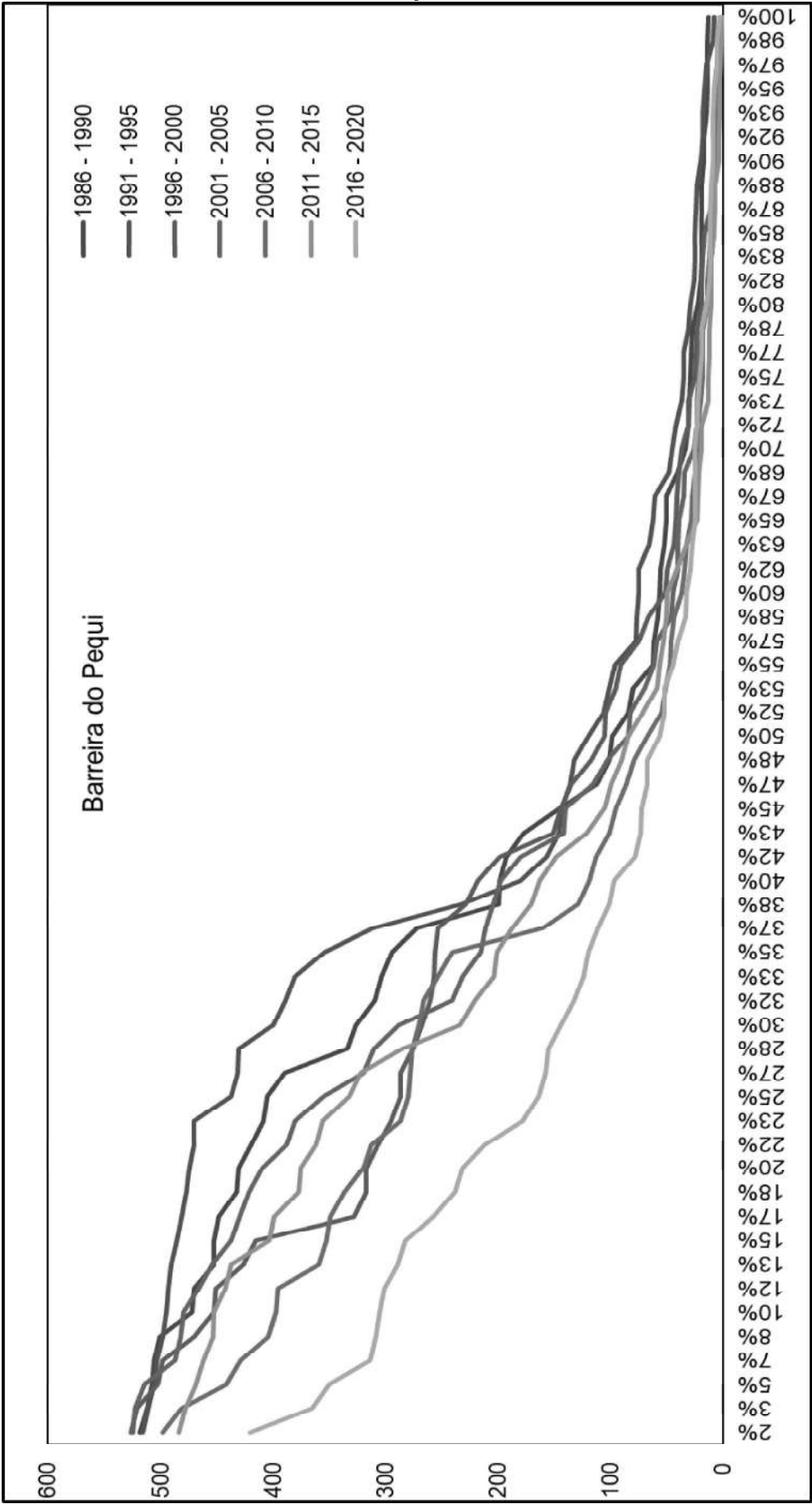
APÊNDICE A – Curva de permanência da Estação Fluviométrica Aruanã



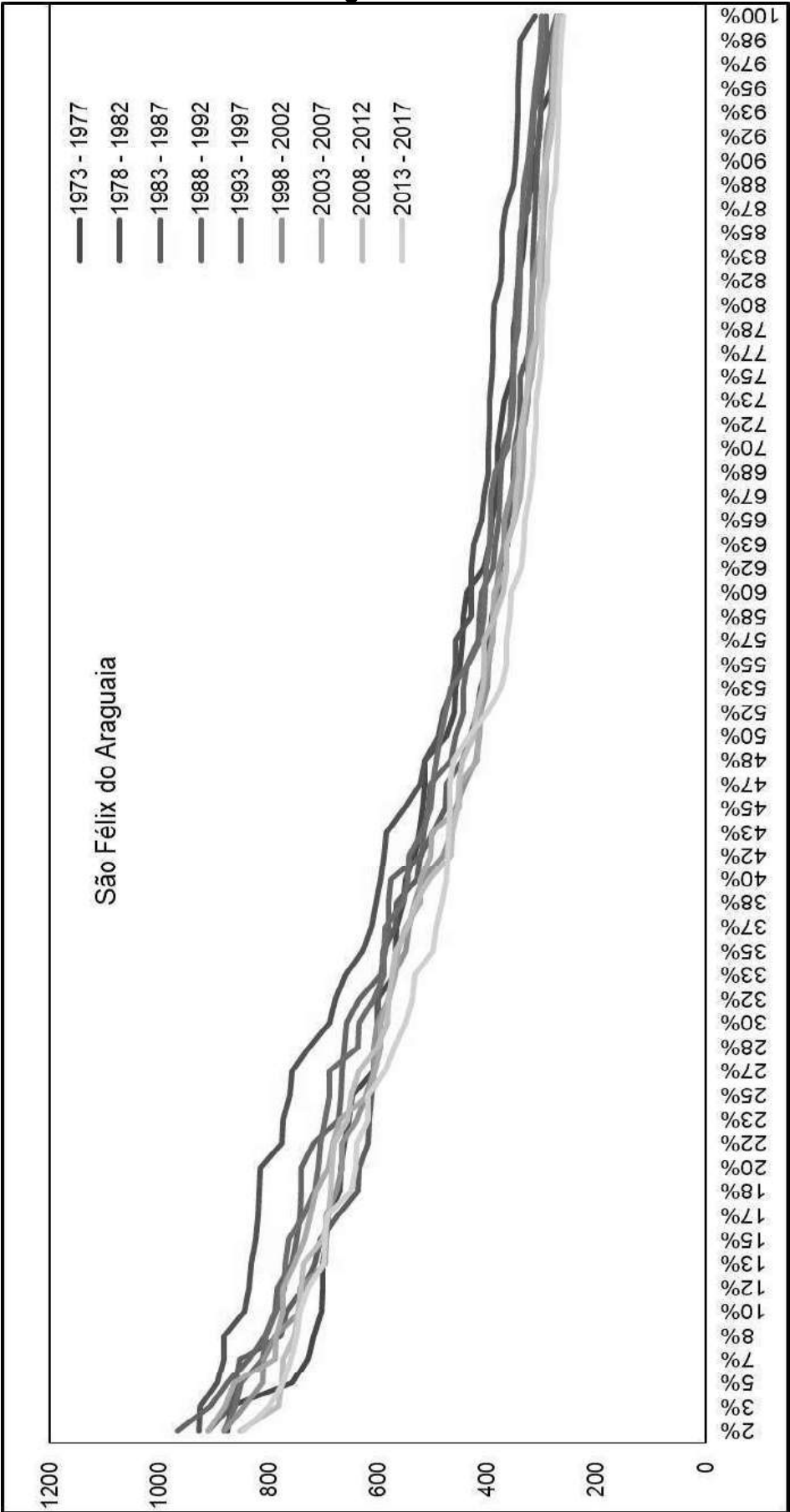
APÊNDICE B – Curva de permanência da Estação Fluviométrica Bandeirantes



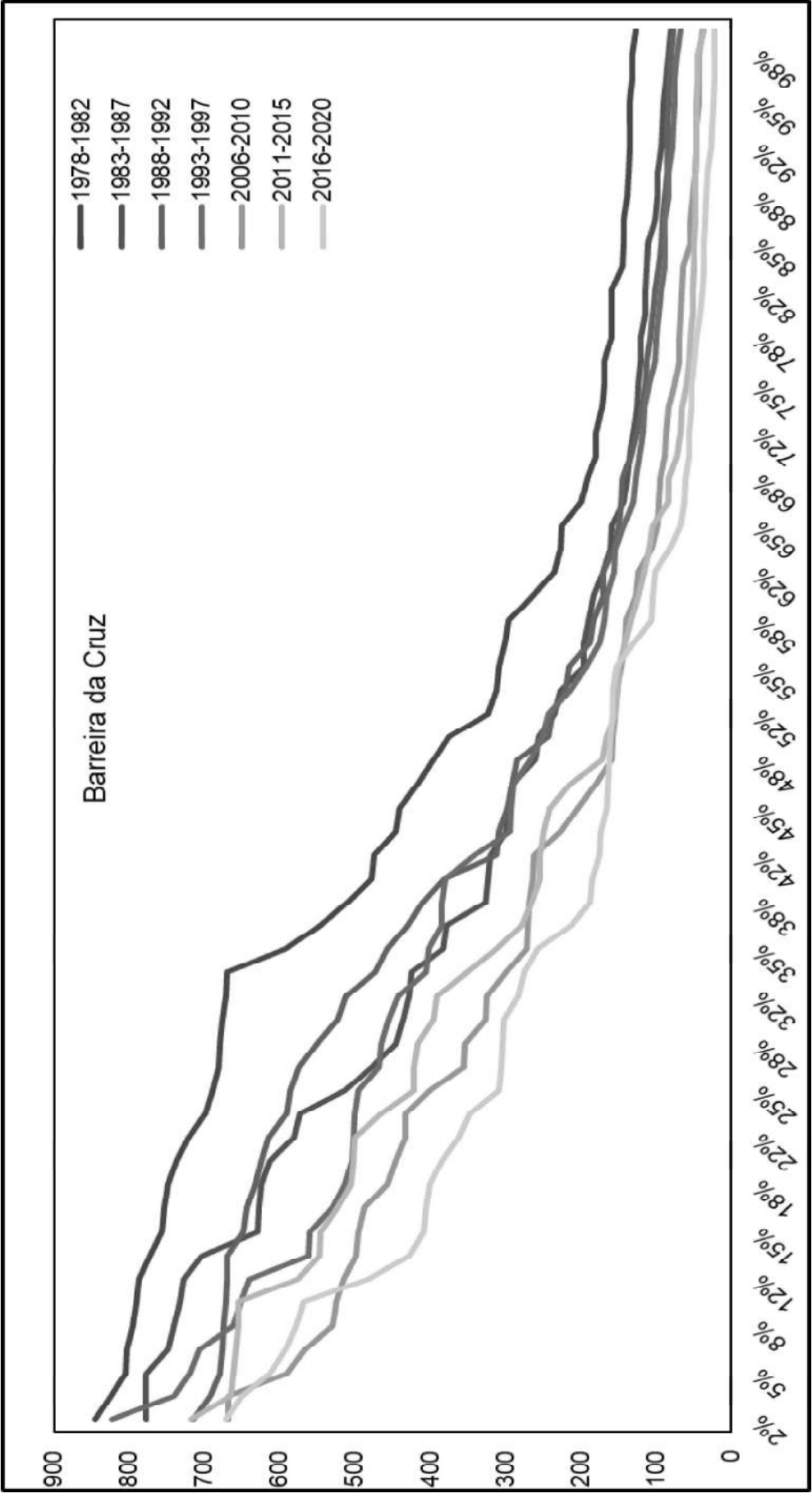
APÊNDICE C – Curva de permanência da Estação Fluviométrica Barreira do Pequi



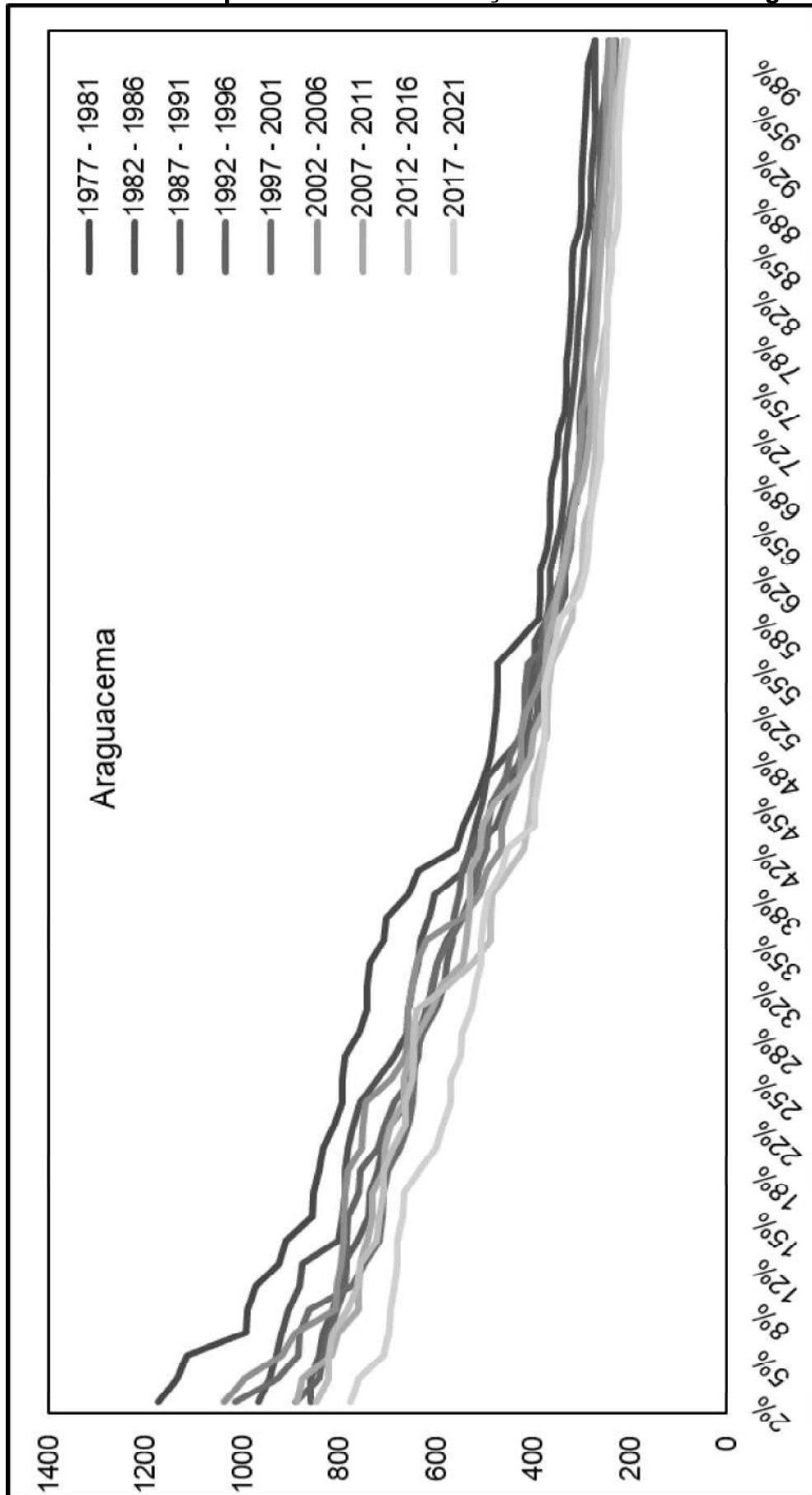
APÊNDICE D – Curva de permanência da Estação Fluviométrica São Félix do Araguaia



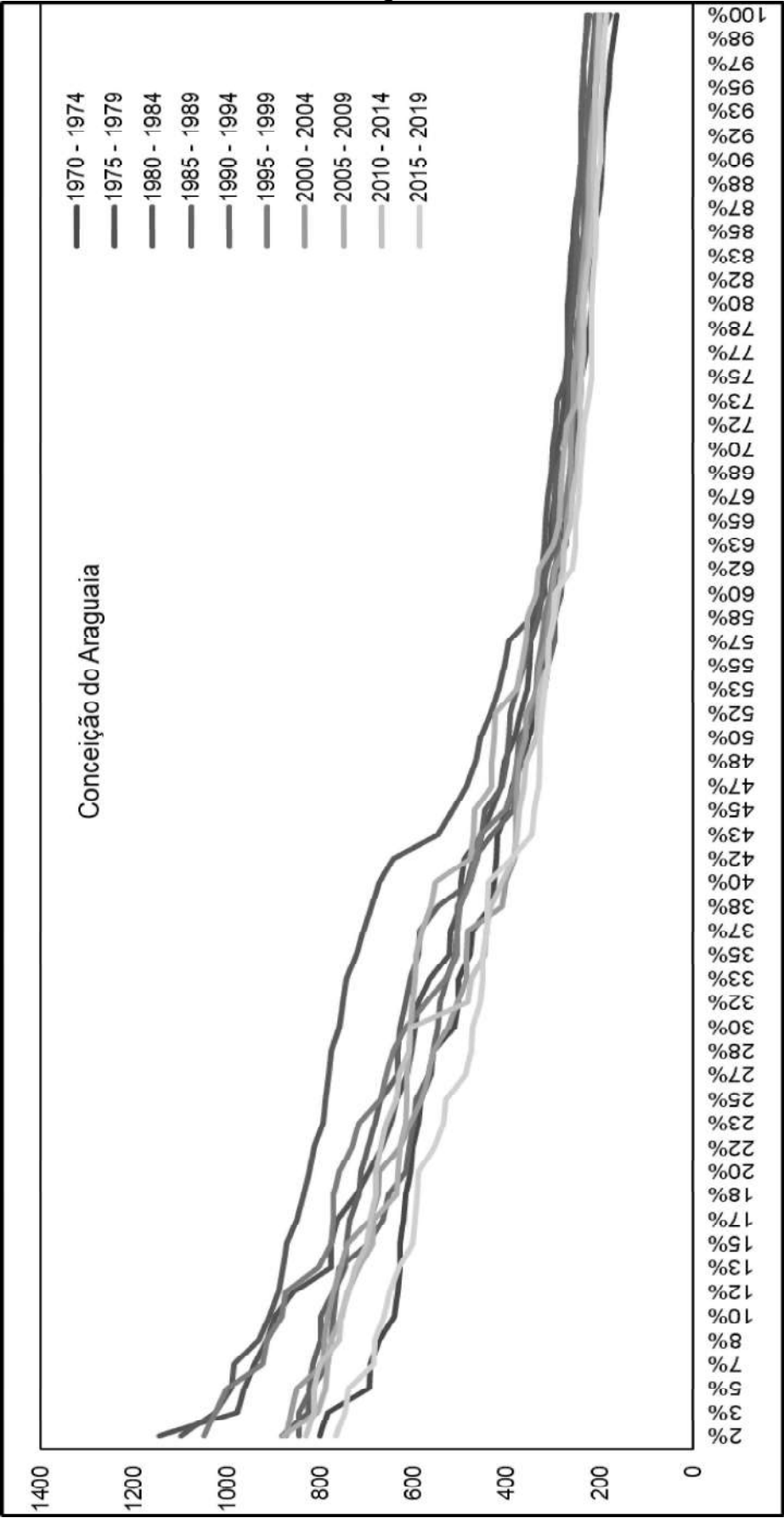
APÊNDICE E – Curva de permanência da Estação Fluviométrica Barreira da Cruz



APÊNDICE F – Curva de permanência da Estação Fluviométrica Araguacema



APÊNDICE G – Curva de permanência da Estação Fluviométrica Conceição do Araguaia





Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins

ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUPERIOR EM TECNOLOGIA DE GESTÃO PÚBLICA DO ESTUDANTE NOME DO ALUNO

1 Reuniram-se no dia 25 do mês de maio do ano de dois mil vinte, às 17:00 horas, os
2 componentes da Banca Examinadora: Prof^º(a) Clerson Dalvani Reis na qualidade de
3 orientador, Prof^ª. Claudia da Silva Aguiar Rezende na qualidade de primeiro
4 examinador, Prof^º Danilo Gomes Martins, na qualidade de segundo examinador,
5 para, sob a presidência do primeiro, e em sessão pública realizada em meio virtual
6 devido a pandemia de Coronavírus, usando a plataforma Google Meet do Instituto
7 Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas,
8 procederem à avaliação da defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
9 **“ANÁLISE DAS SÉRIES HISTÓRICAS DE NÍVEL D'ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO**
10 **RIO ARAGUAIA”**, em nível de graduação, de autoria de **ÂNGELO MARCOS**
11 **DOMINGUES CHAVES**, discente do curso Superior Bacharelado em Engenharia
12 Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
13 Palmas. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, prof^º Clerson
14 Reis que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra a seguir foi
15 concedida ao autor do projeto que, em 24 minutos procedeu a apresentação do
16 trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu o examinando,
17 tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição,
18 procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo em vista o que consta no Regulamento de
19 Trabalho de Conclusão de Curso dos Cursos Superiores de Tecnologias do Instituto
20 Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, a Banca,
21 por unanimidade, considera o trabalho de conclusão de curso **APROVADO**, tendo
22 o discente o prazo máximo de quinze dias para ajustes conforme apontamentos
23 entregues pelos avaliadores sem necessidade de nova análise, encerrando-se este
24 processo de defesa de TCC. A conclusão do processo dar-se-á quando da entrega na
25 biblioteca da versão definitiva do Trabalho de Conclusão de Curso. Cumpridas as
26 formalidades de pauta, às 18 horas e 35 minutos a presidência da mesa encerrou-se
27 esta sessão, e para constar eu, Clerson Reis secretário(a) *ad hoc*, lavrei a presente
ata, que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca
Examinadora em duas vias de igual teor.

CLERSON DALVANI REIS
Presidente e secretário

CLAUDIA DA SILVA AGUIAR REZENDE
Examinador 1

DANILO GOMES MARTINS
Examinador 2

Documento assinado eletronicamente por **Clerson Dalvani Reis**, Servidor, em



27/05/2020, às 16:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Danilo Gomes Martins, Servidor**, em 27/05/2020, às 16:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Claudia da Silva Aguiar Rezende, Coordenadora**, em 28/05/2020, às 15:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1006868** e o código CRC **4E9BC891**.

Alameda Madrid, 545, — CEP 77410-470
Gurupi/TO — (63) 3311-5400
portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br

Referência: Processo nº 23338.010348/2020-51

SEI nº 1006868