



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS
AGROINDUSTRIAIS-PPGSA**

GLÊNIO JOHN MESQUITA BEZERRA

**ANÁLISE DE UM MODELO DE COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BRUTA NO SISTEMA
HÍDRICO COREMAS-MÃE D'ÁGUA**

**POMBAL– PB
2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS
AGROINDUSTRIAIS-PPGSA**

GLÊNIO JOHN MESQUITA BEZERRA

**ANÁLISE DE UM MODELO DE COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BRUTA NO SISTEMA
HÍDRICO COREMAS-MÃE D'ÁGUA**

**Artigo apresentado à defesa, para apreciação e
aprovação, intentando avaliação com vistas à
obtenção do título de Mestre em Sistemas
Agroindustriais.**

**Orientador: Prof. D. Camilo Allyson Simões
de Farias**

**POMBAL– PB
2018**

B574a Bezerra, Glênio John Mesquita.
Análise de um modelo de cobrança pelo uso da água bruta no sistema hídrico Coremas Mãe d'Água / Glênio John Mesquita Bezerra. – Pombal, 2019.
12 f. : il. color.

Artigo (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2018.
"Orientação: Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias".
Referências.

1. Instrumento econômico. 2. Política hídrica. 3. Operação de reservatórios. 4. Semiárido. I. Farias, Camilo Allyson Simões de. II. Título.

CDU 334.02(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA AUXILIADORA COSTA (CRB 15/716)



Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar



CAMPUS DE POMBAL

“ANÁLISE DE UM MODELO DE COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BRUTA NO SISTEMA HÍDRICO COREMAS-MÃE D’ÁGUA”

Artigo apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal-PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M. Sc.) em Sistemas Agroindustriais.

Aprovada em 28/08/2018

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Camilo Allyson Simões de Farias
Orientador

Prof. D. Sc. Paulo Xavier Pamplona
Examinador Interno

Prof. D. Sc. Eliezer da Cunha Siqueira
Examinador Externo

**POMBAL-PB
AGOSTO - 2018**

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

RUA: JAIRO VIEIRA FEITOSA, 1770 - CEP.: 58840-000 - POMBAL - PB

SECRETARIA DO PPGSA: 3431-4016 COORDENAÇÃO DO PPGSA: 3431-4069



Scanned with
CamScanner

ANÁLISE DE UM MODELO DE COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BRUTA NO SISTEMA HÍDRICO COREMAS-MÃE D'ÁGUA

Glênio John Mesquita Bezerra¹, Camilo Allyson Simões de Farias¹

Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB, Brasil
E-mails: glenioeng@icloud.com, camilo@ccta.ufcg.edu.br

RESUMO

Neste artigo, propõe-se aplicar e analisar um modelo de cobrança pelo uso da água bruta no sistema hídrico formado pelos açudes Coremas e Mãe d'Água. Este sistema, localizado na bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu, sujeita-se à períodos recorrentes de escassez hídrica. A metodologia consistiu em usar o modelo de cobrança consagrado na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e verificar a possível arrecadação para os diversos usos na bacia, considerando os componentes captação, consumo e lançamento de cargas orgânicas. A Política de Operação Linear Padrão (SLOP, do inglês *Standard Linear Operating Policy*) foi usada para o balanço hídrico mensal do sistema, considerando uma série histórica de dados hidrológicos composta por 32 anos (1964-1984; 2004-2014). Ao analisar os resultados, verificou-se que o sistema apresentou falhas no atendimento das demandas em 28 dos 384 meses analisados (7,29%), o que compromete a sustentabilidade hídrica e a arrecadação em anos críticos. Com respeito à cobrança, observou-se que é possível arrecadar anualmente um valor médio de R\$ 1.319.037,18, sendo o setor de saneamento o maior contribuinte (R\$ 773.886,02 por ano). Considerando os componentes da cobrança, constatou-se que a maior arrecadação se deu por meio do lançamento de cargas orgânicas, no valor médio anual de R\$ 807.744,24, seguida pelos componentes captação (R\$ 326.889,93 por ano) e consumo (R\$ 184.403,01 por ano). Por fim, avaliando uma extrapolação para a arrecadação no restante da bacia, estima-se que os valores não sejam suficientes para viabilizar a manutenção por completo de uma agência de bacia na bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu.

Palavras-Chaves: instrumento econômico; política hídrica, operação de reservatórios; semiárido.

ANALYSIS OF A PRICING MODEL FOR USING RAW WATER IN COREMAS-MÃE D'ÁGUA WATER SYSTEM

ABSTRACT

In this paper, we propose to apply and analyze a pricing model for the use of raw water in the water system formed by *Coremas* and *Mãe d'Água* reservoirs. This system, which is located in *Piancó-Piranhas-Açu* River Basin, Brazil, is subject to recurrent periods of water stress. The methodology consisted of using the pricing model established for the *São Francisco* River Basin and verifying the possible money collection for the various uses in the water basin, considering the water withdrawal, consumption and disposal of organic loads components. The Standard Linear Operating Policy (SLOP) was used for the monthly water system balance, considering an observed series of hydrological data of 32 years (1964-1984, 2004-2014). When analyzing the results, it was verified that the system failed to meet demands in 28 out of 384 months (7.29%), which compromises water sustainability and money collection in critical years. With respect to the money collection, it was observed that it is possible to collect an average annual amount of R\$ 1,319,037.18, with the sanitation sector being the largest contributor (R\$ 773,886.02 per year). Considering the components of collection, it was detected that the highest collection occurred with the disposal of organic loads, in the average annual amount of R\$ 807,744,24, followed by the water withdrawal (R\$ 326,889.93 per year) and consumption (R\$ 184,403.01 per year) components. Finally, taking into account an extrapolation of money collection in the water basin, it was estimated that the values are not enough to enable the full maintenance of a basin agency in the *Piancó-Piranhas-Açu* river basin.

Key Words: economic instrument; water policy; reservoir operation; semiarid.

INTRODUÇÃO

Segundo Tundisi (2008), a chamada “crise hídrica do século XXI” é reflexo do aumento das demandas, condições climáticas extremas, mudanças na disponibilidade de água e dificuldades de articulação e iniciativas governamentais para uma administração dos recursos hídricos que vise a sustentabilidade ambiental.

No semiárido brasileiro, o manejo da água é dificultado pelas condições hídricas naturais, tais como as altas taxas de evaporação, má distribuição das chuvas no espaço e no tempo, e limitada disponibilidade de água subterrânea. Esta região, também conhecida como “Polígono da Seca”, sofre periodicamente com a escassez de água, o que compromete o desenvolvimento econômico e a segurança hídrica. Neste contexto, a administração adequada dos recursos hídricos é essencial para a sobrevivência e desenvolvimento humano (Carneiro & Farias, 2013; Farias et al., 2015).

A Lei n.º 9.344/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, trata, dentre outros conceitos, da cobrança pelo uso dos recursos hídricos. De acordo com o Art. 19 da citada lei federal, a cobrança é um instrumento econômico de gestão que tem como principais objetivos: “reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; incentivar a racionalização do uso da água; e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos”.

Nos últimos anos, vários modelos de cobrança têm sido aplicados com relativo sucesso em bacias hidrográficas federais, a exemplo das bacias hidrográficas do rio São Francisco, rio Paraíba do Sul, rio Doce e rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (ANA, 2014a).

Em 2016, a Agência Nacional de Águas (ANA, 2016) publicou o resumo executivo do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu. Neste documento, é possível verificar a previsão de uma série de ações voltadas para preservação e desenvolvimento da bacia. No entanto, ainda inexistente um mecanismo de cobrança pelo uso da água na bacia, que poderia gerar recursos para a manutenção e melhoramento do sistema (ANA, 2016).

Com o intuito de explorar a capacidade e potencial de arrecadação de um dos principais sistemas hídricos da bacia hidrográfica dos rios Piancó-Piranhas-Açu, um modelo de cobrança pelo uso da água bruta foi aplicado e analisado nos açudes Coremas e Mãe d’Água, ambos localizados no estado da Paraíba.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O sistema hídrico adotado para este estudo é composto pelos reservatórios de Coremas e Mãe D’água, que estão localizados nas coordenadas geográficas 7° 01’ 45” S e 37° 57’ 13” O. Um canal aberto com uma capacidade de vazão de 12 m³/s conecta os reservatórios de Coremas e Mãe D’água. Assim como Celeste et al. (2009), a

implementação matemática do sistema Coremas e Mãe d’Água foi simplificada, considerando os dois açudes como um só reservatório equivalente. Para o cálculo do volume máximo, adotou-se dados recentes, obtidos por meio de batimetria e publicados na Nota Técnica Conjunta n.º 02/2014/SRE/ SUM-ANA (ANA, 2014b). Assim, os volumes mínimo e máximo do reservatório equivalente foram assumidos como 46,8 hm³ e 1.159 hm³, respectivamente.

De forma similar, a vazão afluyente ao reservatório equivalente corresponde a soma das vazões afluentes a cada reservatório. Foram utilizados os dados de vazão de três estações fluviométricas na bacia do rio Piancó, conforme ilustrado na Figura 1. Os dados de evaporação e precipitação mensais estão disponíveis no trabalho de Lima (2004). Parte dos dados usados nesta pesquisa também foram coletados do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piancó e Alto Piranhas do estado da Paraíba (SCIENTEC, 1997).

As principais demandas de água do sistema hídrico são: abastecimento humano (saneamento), pecuária, vazão ecológica na jusante dos açudes, irrigação, aquicultura e indústria (ANA, 2004; ANA, 2016). Na Tab. 2 listam-se as demandas utilizadas neste estudo.

Tabela 1. Demandas no Sistema Coremas e Mãe d’Água.

Usuário	Vazão (m³/s)
Saneamento (abastecimento humano)	0,825
Pecuária	0,117
Vazão ecológica (mínima)	1,000
Irrigação	5,766
Aquicultura	0,185
Indústria	0,097
Total	7,990

Fonte: ANA (2004); ANA (2016)

Operação do sistema hídrico

A política operacional linear padrão, também conhecida como SLOP (do inglês, *Standard Linear Operating Policy*), foi usada para o balanço hídrico mensal do sistema. Para tanto, considerou-se uma série histórica de dados hidrológicos mensais composta por 32 anos (1964-1984; 2004-2014).

O modelo SLOP é uma regra de liberação de água que consiste na aplicação de duas premissas básicas (Loucks et al., 1981):

- 1) quando a água disponível é igual ou menor do que a demanda, toda a água armazenada é liberada.
- 2) quando a água disponível excede a demanda, a demanda é atendida e o excedente é acumulado no reservatório até o atingimento do seu volume máximo e início do vertimento.

As alocações e volumes de cada período foram relacionados com vazão afluyente, evaporação e vertimento pela equação da continuidade, conforme Equações (1) e (2):

$$S(1) = S(0) + Q(1) - R(1) - E(1) + P(1) - Sp(1) \quad (1)$$

$$S(t) = S(t-1) + Q(t) - R(t) - E(t) + P(t) - Sp(t); \forall t = 2, \dots, N \quad (2)$$

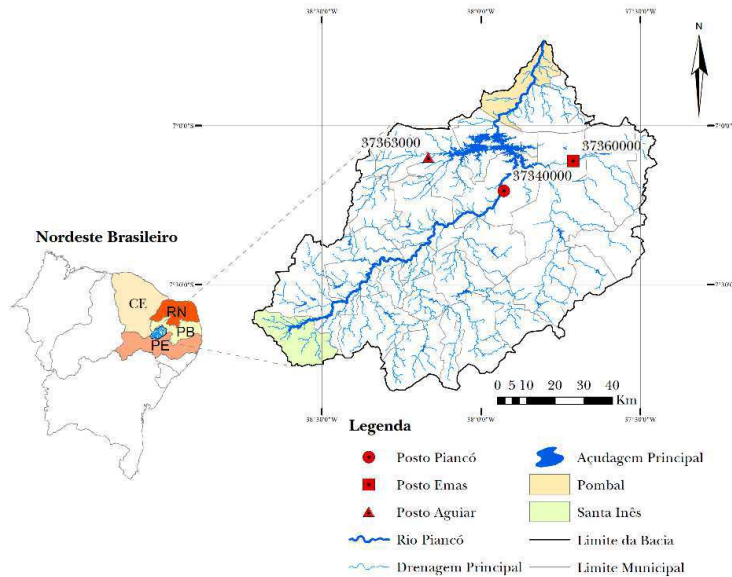


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Piancó (Fonte: Carneiro & Farias, 2013).

na qual $S(t)$ é o volume do reservatório no final do mês t ; $S(0)$ é o volume inicial; $R(t)$ é o volume alocado para todos os usos durante o mês t ; $Q(t)$ é a vazão afluente ao sistema durante o mês t ; $E(t)$ é a evaporação sobre a superfície

líquida do reservatório durante o mês t ; $P(t)$ é a precipitação sobre a superfície líquida do reservatório durante o mês t ; e $Sp(t)$ é o vertimento que eventualmente pode ocorrer durante o mês t .

As restrições físicas do sistema hídrico definem os limites para alocações, volume, vertimento, evaporação e precipitação, conforme Equações (3-7).

$$0 \leq R(t) \leq D(t); \forall t \quad (3)$$

$$S_{min} \leq S(t) \leq S_{max}; \forall t \quad (4)$$

$$Sp(t) \geq 0; \forall t \quad (5)$$

$$E(t) \geq 0; \forall t \quad (6)$$

$$P(t) \geq 0; \forall t \quad (7)$$

em que $D(t)$ é a demanda total do sistema, e S_{max} e S_{min} são os volumes máximo e mínimo do reservatório, respectivamente.

Modelo de cobrança pelo uso água

Neste estudo, optou-se por utilizar o modelo de cobrança aplicado na bacia do rio São Francisco (CBHSF, 2008; CNRH, 2010; CNRH 2017).

O modelo de cobrança adotado integra, em seu cálculo, os componentes captação, consumo e lançamento de cargas orgânicas. O custo pela captação de água é dado pela Equação (8).

$$V_{cap} = Q_{cap} \cdot PPU_{cap} \cdot K_{cap} \quad (8)$$

em que V_{cap} = valor anual de cobrança pela captação de água, em R\$/ano; Q_{cap} = volume anual de água captado, em m³/ano, segundo valores da outorga ou verificados pelo organismo outorgante, em processo de regularização; PPU_{cap} = preço público unitário para captação superficial, em R\$/m³; e K_{cap} = coeficiente que considera objetivos específicos a serem atingidos mediante a cobrança pela captação de água.

O valor de K_{cap} é obtido por meio da Equação (9):

$$K_{cap} = K_{cla} \cdot K_t \quad (9)$$

sendo K_{cla} = coeficiente que leva em conta a classe de enquadramento do corpo d'água no qual se faz a captação; e K_t = coeficiente que considera as boas práticas de uso e conservação da água.

Para a cobrança pelo consumo de água, adotou-se o cálculo disposto na Equação (10):

$$V_{con} = Q_{con} \cdot PPU_{con} \cdot K_{con} \quad (10)$$

em que V_{con} = valor anual de cobrança pelo consumo de água em R\$/ano; Q_{con} = volume anual consumido, em m³/ano; PPU_{con} = preço público unitário para o consumo de água, em R\$/m³; e K_{con} = coeficiente que leva em conta os objetivos específicos a serem atingidos mediante a cobrança pelo consumo de água.

O valor da vazão Q_{con} foi calculado de acordo com a Equação (11):

$$Q_{con} = (Q_{cap} - Q_{lan}) \quad (12)$$

na qual Q_{lan} = volume anual de água lançado, em m³/ano, segundo valores da outorga ou verificados pelo organismo outorgante, em processo de regularização.

Para o caso específico da irrigação, a cobrança pelo consumo de água é determinada por meio da Equação (13):

$$Q_{con} = Q_{cap} \cdot K_{cirr} \quad (13)$$

sendo Kc_{irr} = coeficiente que visa quantificar o volume de água consumido.

Os valores de K_{con} são obtidos pela seguinte equação:

$$K_{con} = Kt \quad (14)$$

Para o lançamento de carga orgânica, a cobrança foi realizada conforme as Equações (15) e (16).

$$VDBO = CO_{DBO} \cdot PPULan \cdot Klan \quad (15)$$

$$CODBO = C_{DBO} \times Qlan \quad (16)$$

em que $VDBO$ = valor anual de cobrança pelo lançamento de carga orgânica, em R\$/ano; CO_{DBO} = carga anual de $DBO_{5,20}$ efetivamente lançada, em kg/ano; $PPULan$ = preço público unitário para diluição de carga orgânica, em R\$/kg;

$Klan$ = coeficiente que leva em conta objetivos específicos a serem atingidos mediante a cobrança pelo lançamento de carga orgânica; C_{DBO} = concentração média de $DBO_{5,20}$ anual lançada, em kg/m³; e $Qlan$ = volume anual de água lançado, em m³/ano.

CRITÉRIOS OPERACIONAIS

Para este estudo, optou-se por adotar os seguintes critérios operacionais:

1) O período utilizado para simular o sistema em questão é de 32 anos (1964-1984, 2004-2014), ou seja, 384 meses.

2) Admitiu-se a seguinte sequência de prioridade para o atendimento das demandas: abastecimento humano, pecuária, vazão ecológica ou mínima à jusante dos açudes, irrigação, aquicultura e indústria.

3) O volume inicial do reservatório foi assumido como sendo 40% da sua capacidade máxima, conforme média histórica.

4) Os retornos de água da agricultura e aquicultura foram considerados nulos. Para o abastecimento (saneamento), pecuária e indústria, os retornos foram admitidos como 80% dos quantitativos captados.

5) As DBOs para lançamentos de efluentes foram consideradas como sendo 300 mg/L para o abastecimento humano e pecuária. Para a indústria, assumiu-se um valor igual a 2.000 mg/L.

6) Os valores para os coeficientes de cobrança, dispostos na Tabela 2, foram estimados com base no enquadramento do rio Piancó (Classe II) e na experiência observada na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF, 2008).

7) Admitiu-se os preços públicos praticados na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (Tabela 3), conforme determinado na Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos n.º 192/2017 (CNRH, 2017).

8) Os modelos desenvolvidos neste estudo foram implementados em MathWorks' MATLAB R2012a (Beale; Hagan; Demuth, 2012).

Tabela 2. Coeficientes de cobrança utilizados para o Sistema Coremas e Mãe d'Água.

Usuário	Kt	Kca	Kco	$Klan$	$Kcla$	$Kcir$
	p	n	s	r		
Saneamento	1	1	1	1	1	-
Pecuária	0,02	0,02	0,02	1	1	-
Vazão mínima	5	5	5			
Vazão mínima	1	0	0	0	1	-
Irrigação	0,02	0,02	0,02	1	1	0,8
Irrigação	5	5	5			
Aquicultura	0,02	0,02	0,02	1	1	-
Aquicultura	5	5	5			
Indústria	1	1	1	1	1	-

Tabela 3. Preços públicos utilizados para o Sistema Coremas e Mãe d'Água.

Tipo de Uso	Unidade	Valor
Captação de água bruta	R\$/m ³	0,0103
Consumo de água bruta	R\$/m ³	0,0205
Lançamento de efluentes	R\$/kg de DBO	0,0719

Fonte: CNRH (2017)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos de operação e cobrança pelo uso da água bruta foram aplicados ao sistema hídrico Coremas e Mãe d'Água, o que permitiu a análise tanto do ponto de vista de sustentabilidade hídrica como de potencial de arrecadação. Nas Figuras 2 e 3 apresenta-se o comportamento da alocação de água (considerando todos os usos) e do volume do reservatório equivalente para o período estudado.

Ao verificar os dados mostrados nas Figura 2 e 3, verificou-se que o sistema apresentou falhas no atendimento das demandas em 28 dos 384 meses analisados. Por este resultado, percebe-se que a sustentabilidade hídrica e a arrecadação estão comprometidas em 7,29% do tempo.

O comportamento das alocações, considerando os diversos usuários da água estão dispostos nas Figuras 4-9. Em função da prioridade assumida, observou-se que o sistema falhou no atendimento das demandas setorializadas conforme a Tabela 4. Os setores que apresentaram os menores número de falhas de atendimento foram os de saneamento (abastecimento humano) e pecuária, com 24 falhas (6,25%). Os maiores números de falhas foram observados nos setores de irrigação, aquicultura e indústria, com 28 falhas em 384 meses (7,29%).

Tabela 4. Falhas de atendimento considerando os diversos usuários para o período de estudo (1964-1984, 2004-2014).

Usuário	Número de falhas (meses)
Saneamento	24
Pecuária	24
Vazão mínima	25
Irrigação	28
Aquicultura	28
Indústria	28

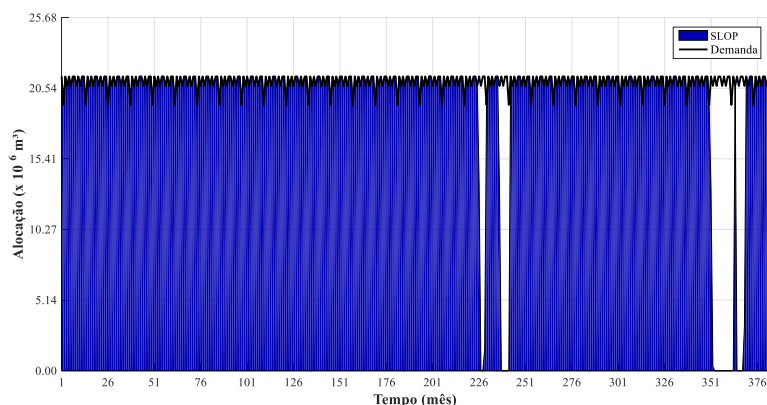


Figura 2. Alocações de água do reservatório equivalente para todas as demandas (1964-1984, 2004-2014).

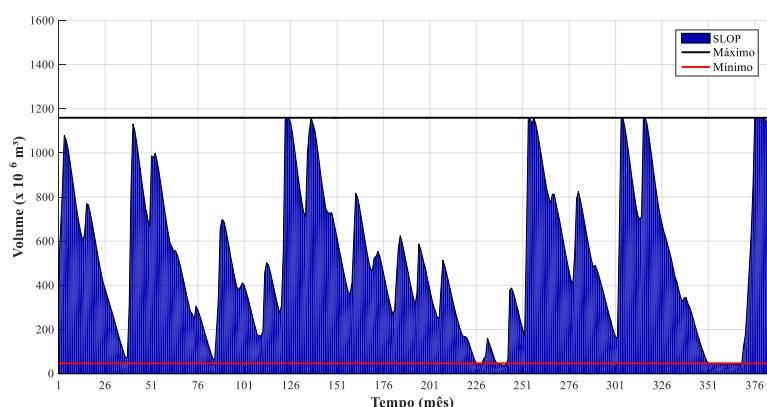


Figura 3. Comportamento do volume do reservatório equivalente (1964-1984, 2004-2014).

Total 28

Os resultados obtidos pela aplicação do modelo de cobrança proposto estão dispostos nas Tabelas 5 e 6. Na Tabela 5 são apresentados os valores arrecadados por setor, em todos os anos avaliados. Já na Tabela 6 mostra-se um resumo da arrecadação considerando os componentes captação, consumo e lançamento de cargas orgânicas.

Ao avaliar a Tabela 5, observou-se que é possível arrecadar anualmente um valor médio de R\$ 1.319.037,18, sendo o setor de saneamento o maior contribuinte (R\$ 773.886,02 por ano). Em 2012, ano em que se observou o maior déficit no fornecimento de água, constatou-se a menor arrecadação, de apenas R\$ 318.088,25.

Na análise da Tabela 6, verificou-se que a maior arrecadação se deu por meio do lançamento de cargas orgânicas, no valor médio anual de R\$ 807.744,24, seguido pelos componentes captação (R\$ 326.889,93 por ano) e consumo (R\$ 184.403,01 por ano).

Ao consultar ANA (2004), observa-se que a vazão outorgável do sistema hídrico formado pelos açudes Coremas e Mãe d'Água (até a divisa do estado da Paraíba com o Rio Grande do Norte) corresponde a 29,27% da vazão outorgável na bacia hidrográfica dos rios Piancó-Piranhas-Açu. Considerando uma extrapolação para a arrecadação no restante da bacia, estima-se que os valores anuais podem chegar a R\$ 4.506.847,95, um valor

compatível com aquele obtido por ANA (2016) para a mesma bacia, estimado em R\$ 4.292.075,00.

Ao tomar o limite de 7,5% para despesas administrativas com uma agência de águas, conforme estabelece a Lei n.º 9.433/1997, alcança-se o valor anual aproximado de R\$ 338.013,60 para bacia. Assim como constatado em ANA (2016), ao considerar o Termo de Parceria que a Agência Nacional de Águas (ANA) possui atualmente com uma organização da Sociedade Civil para manutenção de um Centro de Apoio às atividades do Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Piancó-Piranhas-Açu, no valor aproximado de R\$ 460.000,00 por ano, percebeu-se que a previsão de arrecadação obtida nesta pesquisa é insuficiente para a instalação e manutenção de uma agência de bacia.

CONCLUSÕES

Neste estudo aplicou-se um modelo de cobrança pelo uso da água bruta para verificar a capacidade de arrecadação de recursos no sistema hídrico formado pelos açudes Coremas e Mãe d'Água, localizado no semiárido brasileiro.

Utilizando a Política de Operação Linear Padrão (SLOP, do inglês *Standard Linear Operating Policy*) para operação do reservatório equivalente, verificou-se que o sistema apresentou falhas no atendimento das demandas em 28 dos 384 meses analisados (7,29%), o que comprometeu a sustentabilidade hídrica e prejudicaria a

arrecadação em parte do período analisado, em especial no ano de 2012.

No que se refere à cobrança pelo uso da água bruta, observou-se que é possível arrecadar um valor anual médio de R\$ 1.319.037,18, sendo o setor de saneamento o maior contribuinte. A maior arrecadação se deu por meio do lançamento de cargas orgânicas, seguida pelos componentes captação e consumo.

Por fim, uma extrapolação para a arrecadação no restante da bacia indicou que os valores anuais são insuficientes para viabilizar a manutenção por completo de uma agência de bacia na Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. *Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu. Resumo Executivo*. Brasília: 2016.

ANA. Agência Nacional de Águas. *Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos: Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos*. Volume 7. Brasília: 2014a.

ANA. Agência Nacional de Águas. *Nota Técnica Conjunta nº 02/2014/SRE/SUM-ANA*. Brasília: 2014b.

ANA. Agência Nacional de Águas. *Resolução n.º 687: Dispõe sobre o Marco Regulatório para a gestão dos Sistema Curema-Açu e estabelece parâmetros e condições para a emissão de outorga preventiva e de direito de uso de recursos hídricos e declaração de uso insignificante*. Brasília: 2004.

BEALE, M.; HAGAN, M.; DEMUTH, H. *Neural Network Toolbox 7.0.3: User's Guide*. Natick: The MathWorks Inc., 2012.

BRASIL. Lei n.º 9.433. *Política Nacional de Recursos Hídricos*. 1997.

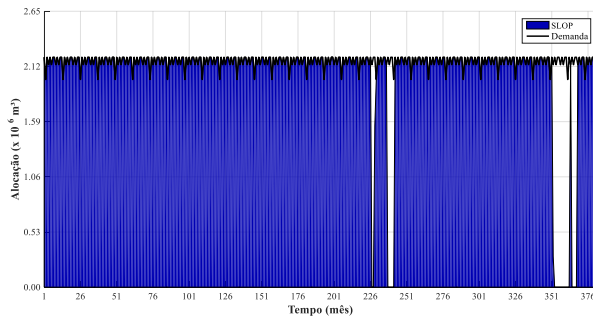


Figura 4. Alocações de água para o setor de saneamento (1964-1984, 2004-2014).

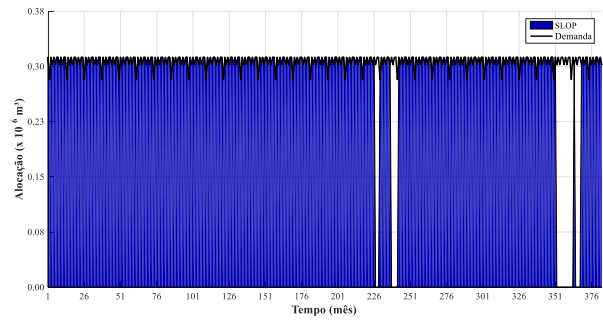


Figura 5. Alocações de água para o setor de pecuária (1964-1984, 2004-2014).

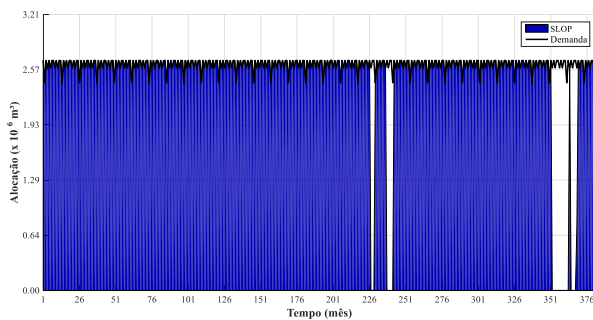


Figura 6. Alocações de água para vazão ecológica (1964-1984, 2004-2014).

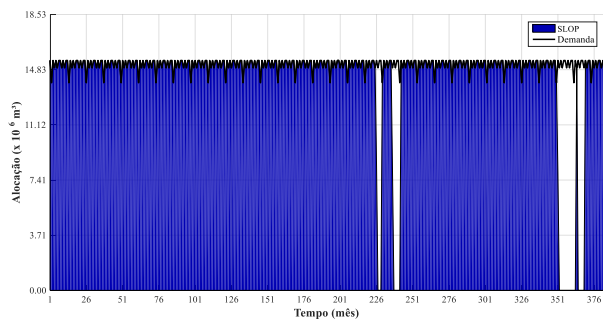


Figura 7. Alocações de água para o setor de irrigação (1964-1984, 2004-2014).

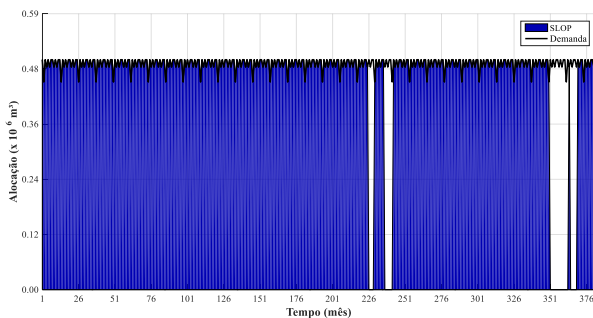


Figura 8. Alocações de água para o setor de aquicultura (1964-1984, 2004-2014).

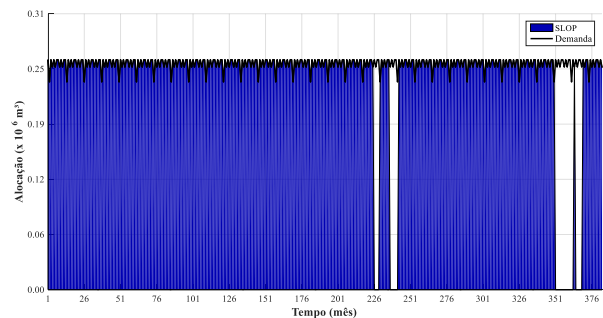


Figura 9. Alocações de água para o setor industrial (1964-1984, 2004-2014).

CARNEIRO, T. C.; FARIAS, C. A. S. *Otimização estocástica implícita e redes neurais artificiais para auxílio na operação mensal dos reservatórios Coremas - Mãe d' Água*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 18, n. 4, p. 115–124, 2013.

CELESTE, A. B.; CURI, W. F.; CURI, R. C. *Implicit stochastic optimization for deriving reservoir operating rules in semiarid Brazil*. Pesquisa Operacional, v. 29, n. 1, p. 223–234, 2009.

CBHSF. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. *Deliberação CBHSF n.º 40: Estabelece mecanismos e sugere valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio São Francisco*. 2008.

CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. *Resolução n.º 108: Aprova os valores e mecanismos para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco*. 2010.

CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. *Resolução n.º 192: Dispõe sobre o procedimento para atualização dos preços públicos unitários cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, de que trata a Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. 2017.

FARIAS, C. A. S.; BEZERRA, U. A.; SILVA FILHO, J. A. *Runoff-erosion modeling at micro-watershed scale: a comparison of self-organizing maps structures*. Geoenvironmental Disasters, v. 2, n. 1, p. 2–14, 2015.

LIMA, C. A. G. *Análise e sugestões para diretrizes de uso das disponibilidades hídricas superficiais da bacia*

Tabela 5. Arrecadação por setores para o período estudado (1964-1984, 2004-2014)

Ano	Saneamento	Pecuária	Vazão Mínima	Irrigação	Aquicultura	Indústria	Total
1964	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1965	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1966	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1967	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1968	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1969	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1970	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1971	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1972	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1973	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1974	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1975	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1976	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1977	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1978	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1979	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1980	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1981	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
1982	685.957,66	54.135,29	0,00	96.407,54	3.360,00	296.153,34	1.136.013,83
1983	595.239,43	43.094,54	0,00	75.854,20	2.609,23	229.979,88	946.777,28
1984	690.470,54	54.491,45	0,00	101.756,25	3.766,15	331.952,09	1.182.436,48
2004	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
2005	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
2006	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
2007	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
2008	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
2009	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
2010	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
2011	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
2012	212.493,37	16.026,90	0,00	24.838,00	726,15	64.003,83	318.088,25
2013	342.978,83	27.067,65	0,00	40.569,48	1.501,54	132.346,91	544.464,41
2014	823.600,48	64.997,97	0,00	121.375,91	4.492,30	395.955,92	1.410.422,58
Média	773.886,02	60.930,03	0,00	113.017,97	4.164,22	367.038,93	1.319.037,18

Valores em R\$

Tabela 6. Arrecadação por componentes de cobrança e setores para o período estudado (1964-1984, 2004-2014)

Componente	Saneamento	Pecuária	Vazão Mínima	Irrigação	Aquicultura	Indústria	Total
Captação	251.801,43	890,64	0,00	43.598,69	1.392,58	29.206,59	326.889,93
Consumo	100.231,64	354,53	0,00	69.419,28	2.771,64	11.625,92	184.403,01
Lançamento	421.852,96	59.684,86	0,00	0,00	0,00	326.206,42	807.744,24
Média	773.886,03	60.930,03	0,00	113.017,97	4.164,22	367.038,93	1.319.037,18

Valores em R\$

hidrográfica do Rio Piancó, situada no Estado da Paraíba. [s.l.] Universidade Federal de Campina Grande, 2004.

LOUCKS, D. P.; STEDINGER, J. R.; HAITH, D. A. *Water resources systems planning and analysis.* Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1981.

TUNDISI, J. G. *Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

SCIENTEC. Associação para Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia. *Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba: Bacias do Rio Piancó e do Alto Piranhas.* Governo do Estado da Paraíba; Secretaria do Planejamento, SEPLAN. João Pessoa, 1997.