

Diagnóstico das disponibilidades hídricas do rio Moxotó

Valmir Pedrosa¹, Jaildo Santos², Walter Vianna³

Resumo - A bacia hidrográfica do rio Moxotó (9 619 km²) conta com 8 648 km² no estado de Pernambuco, e os demais 971 km² no estado de Alagoas. Sua extensão total é de 204 km até a foz na margem esquerda do rio São Francisco, dos quais 66 km constituem-se a divisa entre os dois estados. A bacia em estudo insere-se nas microrregiões do Sertão de Moxotó, Arcoverde e Sertão do São Francisco. Faz parte integral do Polígono das Secas e da área de atuação da CODEVASF.

Neste trabalho, buscou-se a avaliação da garantia no atendimento das demandas hídricas locais, através de captações à fio-d'água e em reservatórios, onde se destaca o Eng. Francisco Sabóia, com capacidade de 560 Hm³. Para tal análise foi usado o Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Bacias Hidrográficas (SAGBAH) desenvolvido no Instituto de Pesquisa Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Foram analisadas as falhas nos atendimentos às demandas prioritárias (vazão ecológica), demandas secundárias (abastecimento humano urbano e rural) e terciária (irrigação), para três cenários de análise: curto(1999), médio(2002) e longo prazo(2017). É identificado a insuficiência hídrica para o atendimento a essas necessidades, e são indicadas ações para minimizar a escassez hídrica, melhorando a qualidade de vida da população local, além do aumento na produtividade das atividades agropecuárias.

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Moxotó (9 619 km²) conta com 8 648 km² no estado de Pernambuco, e os demais 971 km² no estado de Alagoas. Sua extensão total é de 204 km até a foz na margem esquerda do rio São Francisco, dos quais 66 km constituem-se a divisa entre os dois estados. A bacia em estudo insere-se nas microrregiões do Sertão de Moxotó, Arcoverde e Sertão do

¹Departamento de Águas e Energia da Universidade Federal de Alagoas. Alameda São Benedito,453. Farol, 57055-600, Maceió-AL., Fone: (082) 214-1273. Fax: (082) 214-1625. e-mail: vpedrosa@ctec.ufal.br

²Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Caixa Postal 15029, 91501-970, Porto Alegre - RS. e-mail: Jaildo@bigfoot.com

³Escola Técnica Federal de Alagoas. Rua Nova Brasília,70. Cruz das Almas, 57035-380, Maceió-AL, Fone: (082) 235-1729. e-mail:viannajr@if.ufrgs.br

°C, verificando-se em julho as temperaturas mais baixas e no trimestre novembro, dezembro e janeiro as mais altas. A região apresenta uma insolação média anual de cerca de 2.600 horas, em especial nos meses de setembro a março, com redução de abril a agosto.

A bacia do rio Moxotó é coberta, de Norte a Sul, em sua maioria (89% da área total) por caatinga, tendo uma certa igualdade de distribuição das províncias cristalina e sedimentar, pois na mesma se encontra grande parte da bacia sedimentar do Jatobá.

2.1 Informações hidroclimatológicas da bacia do rio moxotó

Na bacia do rio Moxotó foram identificados diversos postos pluviométricos e fluviométricos, que atendem parcialmente as necessidades de informações para o referido inventário. Porém a quantidade elevada de falhas e o curto período de registros históricos das variações pluviométricas e fluviométricas impedem o uso da maioria deles.

Existem 60 postos pluviométricos na bacia do rio Moxotó ou na sua vizinhança. É possível verificar que a maioria dos postos tiveram os registros suspensos a partir do ano 1983. Do total, 40 postos se encontram nesta situação, possuindo apenas de 15 a 20 anos de dados pluviométricos, tratando-se de série muito curta para caracterizar adequadamente as variações mensais e anuais das precipitações da bacia do rio Moxotó.

Os postos pluviométricos para serem usados no SAGBAH foram selecionados através dos seguintes critérios: i) registros com mais de 30 anos de dados ; ii) qualidade dos dados, com respectiva ausência de longas falhas; iii) períodos que coincidissem os registros de precipitação com os de vazão. Esta última exigência torna-se imperiosa diante da necessidade de calibração do modelo MODHAC para posterior geração de vazões.

Assim, em função dos critérios assumidos foram utilizados os postos Inajá (00837038), e Afogados da Ingazeira (00838000) para calcular a precipitação média sobre a bacia.

Dados de fluviometria na bacia do rio Moxotó são escassos. Apesar de contar com registros de 7 postos, os dados são de má qualidade, apresentando diversos períodos com falhas, além de inconsistentes extrapolações nos ramos inferiores da curva-chave. Infelizmente diante deste quadro, a única estação que pode ser usada é a de Inajá (49160000), para a qual foi possível disponibilizar os registros diários de cota para o período de janeiro de 1980 à dezembro de 1995, compondo assim uma série de 16 anos de dados.

É possível verificar que a vazão média de longo período do posto Inajá, durante as medições realizadas entre 1980 e 1995 é de 3,52 m³/s. Os dados de vazões do posto Inajá precisam ser visto com muito cuidado devido a má qualidade da curva-chave da seção, pois pelas características da mesma, pode haver uma superestimativa das vazões para este posto.

Ainda é possível verificar que parte do rio Moxotó apresenta-se praticamente como perene, apesar das baixas vazões. O mês de abril apresenta-se anualmente, como o mês com as maiores vazões, porém na média mensal essas vazões não ultrapassam 14 m³/s.

É imprescindível salientar que a montante do posto Inajá encontra-se um número significativo de reservatórios que totalizam mais de 750.000.000 m³ de capacidade de acumulação de água. A presença destes corpos de água, onde a maioria não dispõe das informações sobre variação de nível de água, curvas cota

“versus” volume, ou ainda curvas cota “versus” área do espelho líquido, dificulta significativamente a calibração de um modelo de transformação de chuva-vazão, visto que uma parte importante do ciclo hidrológico não pode ser descrito com precisão, devido a inexistência quase que completa sobre as perdas que a bacia sofre com as evaporações dos espelhos de água dos reservatórios. Apesar de desconhecidos, os valores de lâmina evaporada, são significativos numa região como a do rio Moxotó, onde a evapotranspiração potencial pode alcançar mais de

2.2 Definição dos pontos característicos para a bacia do Moxotó

Para a definição dos pontos característicos para a bacia do rio Moxotó, foram utilizados basicamente três critérios : i) presença de reservatório com capacidade maior que 1.000.000 m³; ii) presença de aglomerados populacionais, que se abastecem do rio Moxotó, com mais de 20.000 habitantes; iii) presença de áreas irrigáveis, além dos perímetros de irrigação já existentes na bacia, embora desativados.

Diante dos critérios anunciados foram escolhidos 10 pontos característicos. Assim foi possível avaliar em 10 locais da bacia os conflitos entre as ofertas e demandas hídricas, dando uma visão sistemática e integrada do problema da escassez hídrica presente na região de estudo.

2.3 Demandas para a bacia do rio Moxotó

Foram admitidas a existência de quatro demandas: i) demanda difusa, tratando-se de demandas de pequena monta que ocorrem de forma disseminada dentro das sub-bacias, e sobre as quais não há como se prever um controle, nem mesmo seu monitoramento, como por exemplo aquelas destinadas para dessedentação animal; ii) demanda prioritária, como sendo a vazão ecológica; iii) demanda secundária, como sendo as demandas para abastecimento humano, urbano e rural; iv) demanda terciária, como sendo aquela destinada a irrigação.

As demandas para os pontos de controle são formadas pela soma das demandas difusas, prioritárias, secundárias e terciárias (quando for o caso). Nas tabelas seguintes são apresentadas os diferentes tipos de demandas para a bacia do rio Moxotó, para os três cenários de desenvolvimento, a saber: curto, médio e longo prazo; correspondendo aos anos de 1999, 2002 e 2017, respectivamente. Na tabela 1 é apresentado a população atual dos municípios presentes na bacia.

Tabela 1. Municípios e populações da bacia do rio Moxotó

UF	Área Total	População Total (1996)	Área na Bacia
----	------------	------------------------	---------------

		(Km ²)	Urbana	Rural	Total	(Km ²)
ARCOVERDE	PE	380,60	52.873	5.849	58.722	186,55
BUÍQUE	PE	1.279,00	11.748	26.732	38.480	427,97
CUSTÓDIA	PE	1.484,00	14.918	12.993	27.911	1.294,99
IBIMIRIM	PE	1.901,50	14.227	11.518	25.745	1.818,81
INAJÁ – MANARI	PE	1.649,30	7.361	15.325	22.686	1.649,90
PETROLÂNDIA	PE	1.375,20	20.390	13.367	33.757	146,00
SERTÂNIA	PE	2.359,40	15.556	14.178	29.734	2.058,16
TACARATU	PE	1.244,00	6.228	10.384	16.612	685,77
TUPANATINGA	PE	869,80	5.129	14.068	19.197	379,11
ÁGUA BRANCA	AL	515,30	3.933	13.821	17.754	169,00
DELMIRO GOUV.	AL	609,30	31.882	8.655	40.337	48,60
MATA GRANDE	AL	923,40	4.693	19.694	24.387	617,30
PARICONHA	AL	274,00	2.073	6.116	8.189	137,00
TOTAL		14.864,80	191.011	172.700	363.511	9.619,16

Para o abastecimento humano foram sugeridos coeficientes de demanda de água diferentes, caso se trate de população que ocupe os núcleos urbanos ou as áreas rurais. No caso da demanda para atendimento da população urbana são propostos coeficientes diferenciados em função do porte de cada município, conforme se indica na Tabela 2.

Tabela 2. Demandas típicas para população rural e urbana

Demanda (Litros/hab.dia)	Categoria de cidades
100	I - Até 5.000 habitantes
150	II - de 5.000 a 20.000 habitantes
175	III - de 20.000 a 100.000 habitantes
200	IV - acima de 100.000 habitantes

A literatura técnica ainda registra que populações de baixa renda e não habituadas a utilização de água encanada podem satisfazer-se com dotações diárias de 50 a 70 l/hab. Desta forma propõe-se para o atendimento à população rural um “per capita” de 70 l/hab.dia (litros diários por habitante).

Para demandas de irrigação utilizou-se o valor de 0,9 l/s/ha (litros por segundo por hectare), que caracteriza com precisão suficiente as culturas desenvolvidas na região da bacia do rio Moxotó.

As demandas difusas foram consideradas de 0,025 m³/s (90 m³/h) para cada PC. Este valor foi estimado em função do número presumível dos rebanhos locais, além da expectativas de evolução nestes quadros.

Para as vazões ecológicas foram realizados estudos de vazões mínimas, especificamente para estimar a vazão de 7 dias de duração e 10 anos de tempo

de retorno, $7Q_{10}$. Entretanto, os resultados apresentaram valores muito baixos. Desta forma, a vazão ecológica foi definida como sendo a vazão média do mês que apresenta as menores vazões, assim, foi admitido $0,010 \text{ m}^3/\text{s}$ ($36 \text{ m}^3/\text{h}$) para cada ponto de controle.

Assim definidas todas as demandas foi possível montar a Tabela 3 que apresenta de forma global as demandas previstas para os 10 pontos de controle da bacia do Moxotó.

Tabela 3. Demandas completas para os três cenários futuros.

Ponto Característico (PC)	Demandas Totais (m^3/s)		
	1999	2002	2017
1	0,060	0,059	0,056
2	0,149	0,151	0,172
3	0,056	0,055	0,056
4	0,130	0,135	0,157
5	0,065	0,067	0,087
6	0,395	0,395	0,395
7	0,045	0,047	0,064
8	0,575	0,575	0,575
9	0,049	0,050	0,057
10	0,493	0,493	0,493
Total	2,016	2,027	2,112
Demanda hídrica anual (m^3)	63.570.111	63.923.009	66.612.315

3. USO DO MODELO MODHAC AO RIO MOXOTÓ

Com este modelo foram realizadas duas etapas: i) calibração do modelo hidrológico, visando estimar os parâmetros ótimos; ii) com os parâmetros ótimos estimados, geração de vazões para todos os pontos de controle.

Como nos postos pluviométricos disponíveis na bacia a maioria possui apenas de 20 a 25 anos de dados, não faria sentido calibrar o MODHAC com 16 de anos de dados e depois gerar vazões sinteticamente para 20 ou 25 anos. Por isso optou-se por procurar postos com longos registros. Dentro desta ótica, foram eliminados os postos que apresentam um grande número de falhas, escolhendo-se, desta vez, os postos Afogados da Ingazeira (737023) e Glória (938007), mesmo que os dois não estejam instalados dentro do perímetro da bacia. O período de dados vai de 1919 a 1983, formando portanto 65 anos de dados, que corresponde ao intervalo para o qual foi gerado a série sintética de

Sendo a região pobre em dados, qualquer trabalho hidrológico, principalmente os de planejamento, que exigem longas séries, saem prejudicados pela ineficácia das informações disponíveis. Assim, os resultados destas simulações precisam ser submetido a análise crítica cautelosa.

Nas simulações do MODHAC, para efeito de manipulação das reservas hídricas superficiais, só foi caracterizado o reservatório Eng. Francisco Sabóia, por representar mais de 90% de toda água reservada na bacia. Os demais não foram contabilizados, seja pela falta de informações a respeito das suas curvas cota “versus” volume, ou pela pequena contribuição que apresentam para a descrição do processo hidrológico na bacia do rio Moxotó.

Como já comentado, é preciso analisar essas séries com muito cuidado devido a qualidade dos dados utilizados. Outro ponto interessante de ser comentado, é sobre a localização dos postos pluviométricos utilizados, ambos nos extremos da bacia. Os padrões de chuva podem apresentar elevada variação quando se caminha da cabeceira da bacia até sua foz, e esta característica pode ficar mascarada, pela média entre os dois postos escolhidos.

Diante da metodologia utilizada, os volumes máximos anuais disponíveis estimados, são apresentados através da tabela 4, caracterizando de forma global e preliminar as disponibilidades hídricas para a bacia do rio Moxotó.

Tabela 4. Volumes máximos anuais disponíveis para cada um dos PC's

Ponto de controle	Volume (m ³)
PC 1	8.904.473
PC 2	12.460.360
PC 3	130.484.243
PC 4	1.134.892
PC 5	2.658.727
PC 6	19.738.706
PC 7	4.647.517
PC 8	64.229.533
PC 9	17.707.060
PC 10	25.559.119

Convém ressaltar que os valores apontados para cada PC, não contabilizam os volumes que correspondem aos pontos de controle à montante, assim trata-se de volume líquido resultante apenas da área que aflui unicamente para cada PC.

4. USO DO PROPAGAR NO RIO MOXOTÓ

Uma vez apresentadas as demandas e as disponibilidades hídricas para os 10 pontos de controle que definem a bacia do rio Moxotó, é mostrado na seqüência as situações de conflito pelo uso dos recursos hídricos. Para essa análise foram estudados os três cenários já apresentados de demandas, a saber: 1999, 2002 e 2017.

Os resultados são apresentados com alguns cortes, pois são extensos, visto que a simulação é apresentada mês a mês, e para os 65 anos de dados, tem-se 780 intervalos. O importante é verificar que há uma seqüência única nos

- Cabeçalho com informações gerais;
- Parâmetros básicos para simulação; neste item é possível verificar que apenas o reservatório Eng. Francisco Sabóia, localizado no Ponto de Controle 3, dispõe de volumes de armazenamento mínimo, máximo e inicial de 0, 690 e 300 Hm³, respectivamente.
- Apresenta-se a curva área "versus" volume do reservatório Eng. Francisco Sabóia.
- Apresenta-se um quadro com os resultados da simulação, após o qual é apresentado um resumo das falhas nos atendimentos nos Pontos de Controle (PC).

Tabela 5 - Resultados do propagar para as demandas de 1999

Hier.	PC	Intervalos	Anos	Intervalos	Anos	Intervalos	Anos
1	01	114	19	164	26	0	0
1	02	82	15	128	20	266	42
1	04	498	58	754	65	0	0
1	05	289	45	435	57	0	0
1	07	192	31	235	39	0	0
2	03	0	0	0	0	0	0
2	06	44	10	0	0	373	51
3	08	0	0	0	0	209	35
4	09	0	0	44	10	0	0
5	10	0	0	23	8	226	38

Tabela 6 - Resultados do propagar para as demandas de 2002

Hier.	PC	Demanda Prioritária		Demanda Secundária		Demanda Terciária	
		Intervalos	Anos	Intervalos	Anos	Intervalos	Anos
1	01	114	19	164	26	0	0
1	02	82	15	144	22	281	44

1	04	498	58	757	65	0	0
1	05	289	45	435	57	0	0
1	07	192	31	235	39	0	0
2	03	0	0	0	0	0	0
2	06	44	10	0	0	373	51
3	08	0	0	0	0	209	35
4	09	0	0	51	11	0	0
5	10	0	0	23	8	226	38

Tabela 7 - Resultados do propagar para as demandas de 2017

Hier.	PC	Demanda Prioritária		Demanda Secundária		Demanda Terciária	
		Intervalos	Anos	Intervalos	Anos	Intervalos	Anos
1	01	114	19	164	26	0	0
1	02	82	15	177	28	302	45
1	04	498	58	765	65	0	0
1	05	289	45	510	58	0	0
1	07	192	31	302	45	0	0
2	03	0	0	0	0	0	0
2	06	44	10	0	0	373	51
3	08	0	0	0	0	209	35
4	09	0	0	51	11	0	0
5	10	0	0	23	8	226	38

5. COMENTÁRIOS SOBRE O CENÁRIO DE DEMANDAS PARA O ANO 1999

Pelo quadro que apresenta o resultado final para a análise do suprimento às demandas da bacia do rio Moxotó para o cenário de 1999, é possível verificar que :

- Os pontos de controle 2, 6, 8 e 10, onde são previstos retiradas de água para a irrigação, apresentam numerosas falhas, demonstrando a incapacidade do rio Moxotó de suprir estas demandas;
- Nos demais pontos de controle, onde não foram previstas áreas significativas irrigadas, as demandas prioritárias sofrem algumas falhas no atendimento, em especial nos pontos de controle 1, 2, 4, 5 e 7;
- Nos pontos de controle 1, 2 e 9, as demandas prioritárias são atendidas na totalidade;
- Já nas demandas secundárias da quase totalidade dos pontos de controle são verificadas falhas no suprimento.

O quadro resumo das simulações para o cenário de demandas de 1999 mostra com clareza as restrições ao consumo de água, devido a escassez do mesmo, sem comentar as restrições ao consumo pela baixa qualidade das águas. As demandas secundárias que tratam do abastecimento humano, apresentam freqüentes falhas no atendimento, chegando ao extremo do ponto de controle 4 apresentar falhas em 754 dos 780 períodos de simulação. Assim fica evidenciado a necessidade de ampliação da oferta hídrica para a região, onde convém questionar a capacidade do rio Moxotó de garantir esta oferta, e levantando-se sugestões de se buscar águas em outro manancial, onde o mais óbvio deles seria o rio São Francisco, que a algumas dezenas de quilômetros atravessa a foz do rio Moxotó com vazões médias superiores a 2.000 m³/s, com água de boa qualidade.

6. COMENTÁRIOS SOBRE O CENÁRIO DE DEMANDAS PARA O ANO 2002

Para os conflitos entre ofertas e demandas hídricas no horizonte do ano 2002 é fácil visualizar pelo quadro apresentado que :

- As falhas nos atendimentos das demandas secundárias dos pontos de controle 1, 2, 4, 5 e 7 foram agravados, o que facilmente deve ser entendido como efeito do aumento da demanda pelo aumento de população, apesar da bacia em estudo, apresentar localidades que estão caracterizadas com taxas de crescimento negativa;
- As falhas no atendimento a irrigação dos pontos de controle 6 e 8, permaneceram invariáveis, devido a atitude de não ampliar as áreas de plantio, sem que houvesse uma ampliação equivalente da oferta hídrica para os locais com atividades agrícolas irrigadas;
- Na mesma seqüência, os pontos de controle 4, 5 e 7 apresentam-se como em situação mais crítica, pois inclusive as demandas prioritárias, que são as vazões ecológicas, não foram atendidas. Por conseguinte, as demandas secundárias sofrem insuportável restrição no consumo.

7. COMENTÁRIOS SOBRE O CENÁRIO DE DEMANDAS PARA O ANO 2017

Para o cenário de demandas de longo prazo haverá um aumento das demandas reprimidas. Os pontos de controle 1,2,4,5 e 7 novamente se apresentam como os mais penalizados. Nos trechos dos pontos 4, 5 e 7 as demandas prioritárias se apresentam com várias falhas, mostrando a fragilidade das relações entre ofertas e demandas hídricas para a região.

A metodologia escolhida para o trabalho apresentou-se robusta e consistente, atendendo as necessidades do presente estudo. O fato da mesma já ter sido usado em várias outras bacias, inclusive na região semi-árida do nordeste brasileiro, fornece uma confiabilidade e respeitabilidade dos resultados obtidos, não esquecendo o papel deletério da má qualidade das informações

A bacia do rio Moxotó apresenta-se com sérias restrições às demandas hídricas locais. A alta variabilidade das precipitações, a elevada evapotranspiração local e a baixa capacidade do solo da bacia em reter água, agravam a disponibilidade hídrica, que é revelada através da intermitência de alguns de seus afluentes, ou através das baixas vazões do leito principal do rio Moxotó, apesar dos seus mais de 9.000 km² de área de drenagem.

É preciso salientar, novamente, a baixa qualidade e quantidade dos dados que serviram para descrever a hidroclimatologia da bacia. Das lacunas identificadas, algumas mereceram atenção especial:

- Número de postos pluviométricos em quantidade razoável, porém a maioria das séries apresentaram poucos anos de registros, e com várias falhas. Só foi possível utilizar 2 postos para representar a variabilidade pluviométrica de uma bacia com área de drenagem superior a 9 000 km². Ou seja, cada posto estariam representando em média a chuva numa área de, aproximadamente, 4.500 km². Some-se a isto o fato das séries trabalhadas apresentarem algumas inconsistências que foram corrigidas através de processos estatísticos, que nem sempre correspondem a realidade física do
- Os dados de fluviometria resumiram-se aos de um único posto, que serve neste caso para avaliar as disponibilidades hídricas para uma ², a montante. A curva-chave do posto se apresenta com duvidosas extrapolações em seu ramo inferior, o que pode sobrelevar as vazões nesta seção;

Portanto, recomenda-se aprofundar os estudos para uma caracterização mais detalhada dos conflitos entre demandas e ofertas hídricas da bacia, atividade que passa essencialmente, pela consolidação de bancos de dados que traduzam as realidades naturais, sociais e econômicas da bacia.

A consolidação de um banco de dados serviria de apoio fundamental para atividades de um planejamento para bacia, que buscassem o desenvolvimento social e econômica da região.

Tendo-se em mente que o planejamento é essencialmente um processo de preparação para um futuro incerto e não um processo de condicionamento desse mesmo futuro, estaria inexoravelmente vinculado ao sucesso de uma

- LANNA, A.E E SCHWARZBACH, M. (1989). MODHAC - Modelo Hidrológico Auto-Calibrável. Recursos Hídricos, Publicação 21. Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BACIA DO RIO MOXOTÓ, 1997. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco.