



COMPORTAMENTO HIDRODINÂMICO DE RECURSOS HÍDRICOS COM E SEM INFLUÊNCIA DA MARÉ NA REGIÃO AMAZÔNICA

DOI: 10.19177/rgsav8e22019230-249

Karla de Souza Santos¹
Hebe Morganne Campos Ribeiro²,
Gundisalvo Piratoba Morales³,
Manuel Alejandro Piratoba Vera⁴

RESUMO

O conhecimento da vazão dos recursos hídricos se tornou indispensável para o processo de gestão em virtude da outorga de direito de uso, definida como um instrumento da política nacional de recursos hídricos, pela Lei 9433 de 2000. Assim, o entendimento do comportamento hidrodinâmico se tornou essencial, para a definição dos limites máximos de retirada de água de um corpo hídrico que poderão ser outorgados a usuários. Portanto, o artigo teve como finalidade analisar o comportamento hidrodinâmico de dois rios localizados na região amazônica no estado do Pará, sendo um deles o Rio Arienga afluente do Rio Pará submetido à influência periódica da maré, e o outro, o Rio Capim o qual no trecho analisado não experimenta influência da maré. A velocidade dos fluxos da água muitas vezes é um fator que influencia no comportamento diferenciado da dinâmica hídrica e os resultados demonstraram que em termos quantitativos as velocidades o Rio Capim apresentaram uma velocidade média de 0,57 m/s e a do Rio Arienga 0,32 m/s, diferenças causadas pelos gradientes topográficos distintos de cada corpo hídrico analisado, fator fortemente influenciado na presença de bancos de areia que geram caminhos preferencias causando aleatoriedade no comportamento da velocidade dos fluxos longitudinais dos rios analisados.

Palavras-chave: Integração de velocidades. Determinação de vazão. Rios amazônicos.

¹ Universidade do Estado do Pará. E-mail: karla.pehse@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-3407-5727>

² Universidade do Estado do Pará. E-mail: hebemcr@gmail.com

³ Universidade do Estado do Pará. E-mail: gundymorales@gmail.com

⁴ Universidade do Estado do Pará. E-mail: alejandror@universoamazonia.com.br

1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Amazonas é constituída pela mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre, ocupando uma área total da ordem de 6.110.000 km², desde suas nascentes nos Andes Peruanos até sua foz no oceano Atlântico (na região norte do Brasil) (BRASIL, 2017). Conforme Gurgel (2015) a região Amazônica dispõe de grande quantidade de água doce, contudo, é influenciada por diversos processos naturais entre eles as marés em vários rios.

Há grande déficit de estudos relacionados a vazão dos rios Amazônicos, levando a escassez de informação. Costa e colaboradores (2009) afirmam que o período de maior disponibilidade de dados dessa área foi a década de 80, mas os dados disponíveis de precipitação e vazão decresceram a partir desse ano. Bonifácio e Freire (2013) ressaltam que, o conhecimento dos parâmetros ou das variáveis hidrológicas é de grande relevância para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. E que em síntese, o estudo da hidrologia compreende a coleta de dados básicos como, por exemplo, a quantidade da água precipitada ou evaporada e a vazão dos rios (PINTO, et al., 2011).

O conhecimento da vazão dos corpos hídricos se tornou fundamental para o processo de gestão em virtude a que a outorga de direito de uso, definida como um instrumento da política nacional de recursos hídricos, pela Lei 9433 de 2000 (BRASIL, 1997). Assim, adotou-se determinadas metodologias para a definição dos limites máximos de retirada de água de um corpo hídrico que poderão ser outorgados a usuários (SILVA, et. al, 2006). Esses valores de vazão de referência são estabelecidos em função da vazão ecológica fundamentados em critérios hidrológico, que empregam dados de séries históricas de vazão de estações fluviométricas, sendo adotada Vazões de Permanência de 90% do tempo (Q90) e de 95% do tempo (Q95) e vazão mínima de sete dias para um período de retorno de dez anos (Q7,10) (Schvartzman et al., 2002).

A estimativa da vazão ganhou em precisão, confiabilidade e versatilidade com o progresso e sofisticação da instrumentação eletromecânica, sendo capaz de ser empregada a condições de serviços cada vez mais variadas (CAMAPUM FILHO; DALL'AGLIO, 2014). Embora existam técnicas sofisticadas de medição de vazão de rios, esta atividade fica restrita à equipes e instituições que possuem equipamentos e treinamento para esta atividade, contrastando com a falta de informação de descarga dos principais corpos hídricos da região amazônica com e sem influência de maré, fato este refletivo pela quantidade de apenas 9.926 estações fluviométricas instaladas no Brasil cadastradas no sistema de informações hidrológicas em 2009 e administrado pela Agência Nacional de Águas (Brasil), levando em consideração que tal quantidade está inserida todas as estações fluviométricas cadastradas, existentes ou extintas, operadas sob a responsabilidade das mais diversas entidades.

Desse modo, a medição de vazão dos cursos d'água tanto em corpos hídricos com e sem influência de maré é fundamental para se obter informação da descarga para a sua gestão, preservação e conservação (TUCCI; MENDES, 2006). Diante o exposto, a determinação da vazão constitui-se em uma etapa fundamental para procedimentos de caracterização das condições hidrológicas e na avaliação da disponibilidade hídrica dos rios da região Amazônicas, com características bem definidas e diferenciadas das outras regiões dadas as suas características climáticas, geomorfológicas e hidrológicas. Neste sentido foi adotada a metodologia de "integração da distribuição de velocidades" por Finotti et al., (2009), que na quantificação das variáveis largura, profundidade do canal e velocidade do fluido (MALDONADO, et al., 2015).

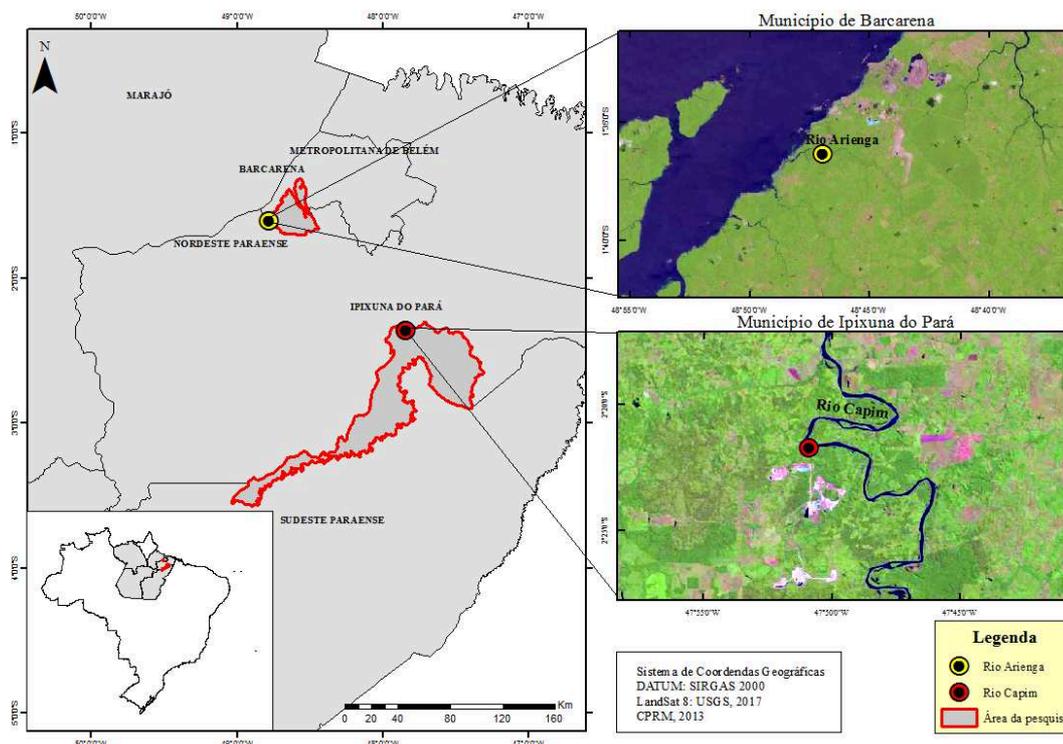
Portanto, o artigo teve como finalidade analisar o comportamento hidrodinâmico de dois corpos hídricos localizados na região amazônica, sendo um deles o rio Arienga afluente do rio Pará submetido à influência periódica da maré com cotas topográficas menores que 6 metros, e o rio Capim num ponto intermediário de seu trecho onde não experimenta influência da maré localizado numa área com cotas topográficas de 70 metros.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada em dois rios nos municípios de Ipixuna do Pará e Barcarena, os rios abrangem condições variadas, desde um rio afetado por maré (Arienga) até um rio de maior porte (Capim), estes se localizam no Estado do Pará (Figura 1), que é o segundo maior estado do Brasil com uma extensão territorial de 1.248.042,515 km², está situado na Região Norte e faz parte da região Amazônica Brasileira (BRASIL, 2017).

Figura 1- Localização da área de estudo.



Em relação ao clima dos municípios, Koppen classifica o Estado do Pará como situado no grupo climático A (de clima tropicais chuvosos) e subdividido em três grupos quanto suas características adicionais de temperatura, precipitação pluvial: f, w e m, onde f refere-se a clima tropical chuvoso de floresta, w chuvas de verão e m clima tropical de monções, com uma breve estação de seca e com chuvas intensas durante o resto do ano (MENDONÇA, 2007).

2.2 MUNICÍPIO DE IPIXUNA DO PARÁ, PA.

Conforme informações do IBGE (2017), o município de Ipixuna do Pará pertence à Mesorregião do Nordeste paraense e possui uma população estimada para 2017 de 62.237 habitantes, sua área territorial é de 5.215,555 km². O corpo hídrico

analisado foi o Rio Capim este compõe o eixo de maior circulação econômica do Estado direcionado ao longo da Rodovia Belém-Brasília (BR 010), contemplando diversos projetos, como a hidrovía Guamá - Capim, a implementação de projetos industriais e mineiros e os decorrentes da expansão das atividades extrativista (madeireira) e agropecuária, nos municípios da região (PACA, et.al, 2018), a medição de vazão ocorreu nas coordenadas 2°24'49"S e 47° 48' 59"O, no período de 30 de setembro de 2017, sendo está realizada em um trecho sem influência de maré.

2.3 MUNICÍPIO DE BARCARENA, PA.

O município de Barcarena se situa na Mesorregião Metropolitana de Belém, com uma população estimada pelo IBGE (2017) de 99.859 habitantes em 2016, seu território compreende 1.310,588 km². O corpo hídrico analisado no município foi o Rio Arienga, este se encontra na vila de Beja no limite entre os municípios de Abaetetuba e Barcarena que sofre influência constante dos resíduos dos produtos produzidos pelas empresas vizinhas, e é fonte de renda de pescadores artesanais (CAETANO, et.al, 2012). A medição de vazão ocorreu nas coordenadas 01° 36'18,53" S e 048°46'56,55" O, no período de 09 de maio de 2017. O trecho do rio Arienga estudando sofre influência direta de marés sendo uma zona estuarina, este se apresenta ainda como rio perene, dessa forma, contem água durante todo o ano, assim como o rio Capim.

2.4 MEDIÇÃO DE VAZÃO DOS RIOS

A vazão de um rio consiste na quantidade de água que passa em uma dada seção do rio por uma unidade de tempo e é expressa em L/s ou m³/s (GARCEZ; ALVAREZ,1999).

A medição usada foi a indireta consiste de uma forma "manual" de estimar a vazão seja em rios ou córregos (CARVALHO, 2008). O método utilizado foi a medição e integração da distribuição de velocidades descrito por Finotti e colaboradores (2009), este consiste na medição e integração da distribuição das velocidades nas seções definidas, partindo do princípio da equação de continuidade que através da identificação dos valores da velocidade e área das seções determinadas se é possível calcular a vazão.

$$Q = A.V$$

Onde:

Q: Vazão (m³/s)

A: Área molhada da seção transversal (m²)

V: velocidade média das seções (m/s)

De acordo com Pinto e colaboradores (2011), para as medições das vazões é necessário que sejam utilizados locais mais favoráveis a obtenção de dados de melhor qualidade, determinando dessa maneira os locais com os seguintes requisitos:

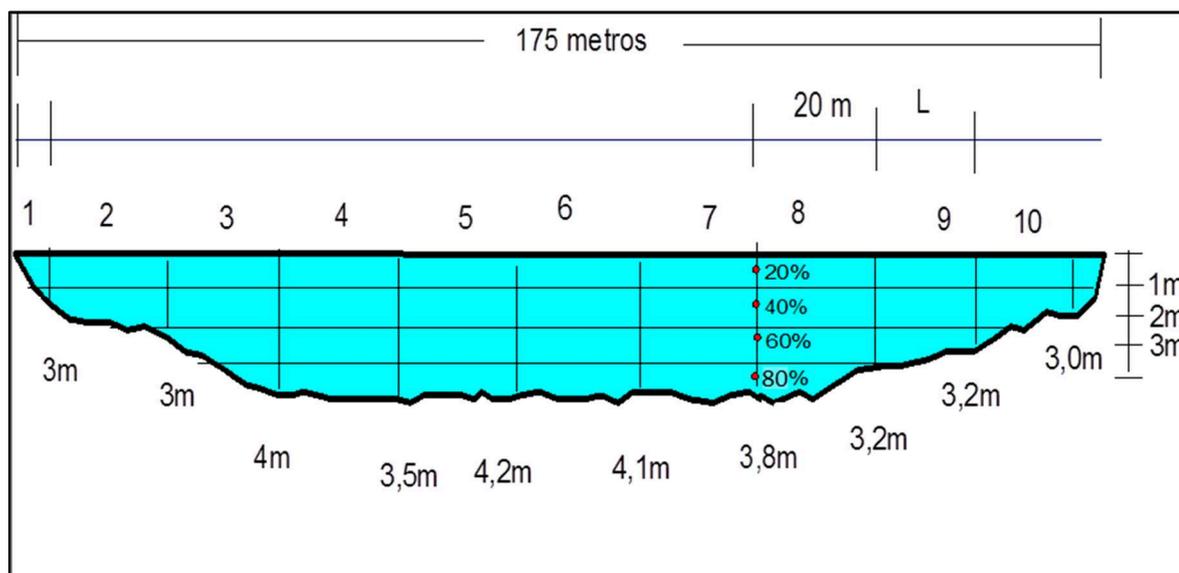
- Localização em trecho retilíneo dos rios, com margens bem definidas e livres de obstáculos (rochas, vegetação e outros) que possam perturbar sensivelmente o escoamento;
- Seção transversal, tanto quanto possível, simétrica e com taludes acentuados para evitar extravasamento; e
- Velocidades regularmente distribuídas.

2.5 DEFINIÇÃO DOS PERFIS DE MEDIDA

Finotti et. al, (2009) salientam ainda que, as velocidades de cursos hídricos normalmente variam ao longo da seção transversal, dessa maneira, para a obtenção de uma boa estimativa da velocidade média do rio, são necessárias medições em vários pontos e em várias profundidades, assim:

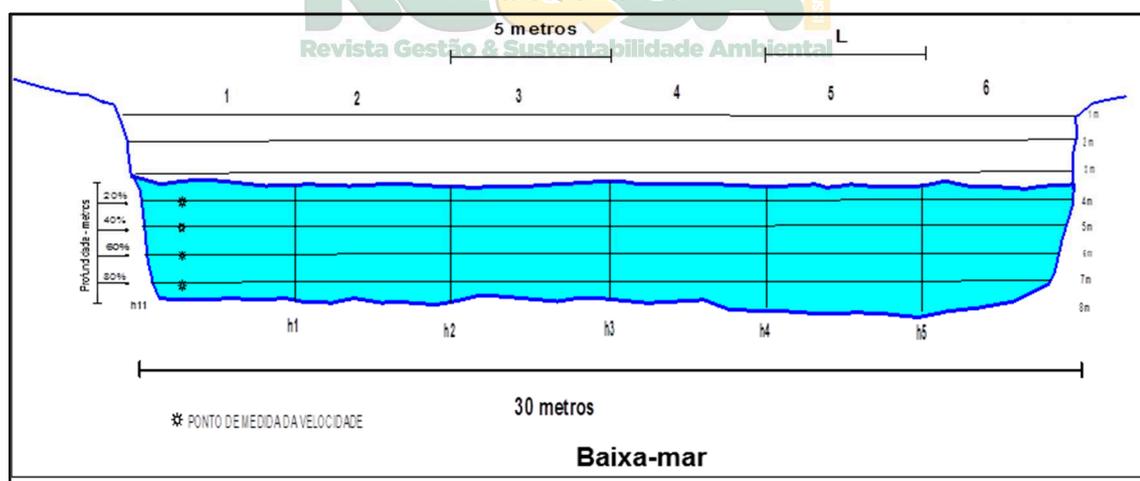
No perfil selecionado do Rio Capim no município de Ipixuna do Pará foram realizadas medidas de velocidade e vazão numa largura de 175 metros. Assim, a largura do rio foi dividida em 10 seções sendo sete (7) de 20 m (L = 20 m), uma (1) seção de 15 m (L = 15 m) e duas (2) seções de 10 (L = 10 m), como demonstra a Figura 2.

Figura 2 - Perfil das Seções de medida no rio Capim - Ipixuna Pa.



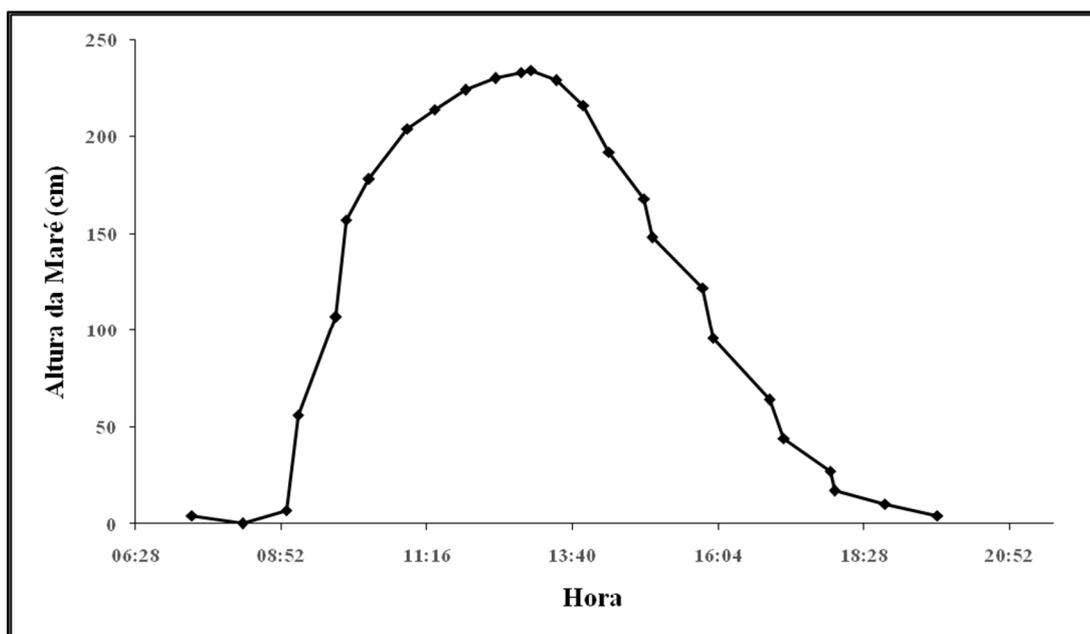
O perfil selecionado do Rio Arienga (Barcarena), foram realizadas medidas de velocidade e vazão numa largura de 30 metros. A seção do rio foi dividida em 06 seções de 5m para realizar as medições (Figura 3).

Figura 3 - Perfil das Seções de medida no rio Arienga na Baixa-mar – Barcarena-Pa.

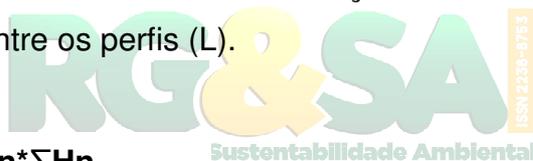


Os rios com influência de maré apresentam as suas características naturais incluindo a sua vazão no estágio final da vazante, dessa maneira, a medição da vazão foi realizada na baixa-mar, sendo a partir das 18 horas conforme demonstra a Figura 4.

Figura 4 - Comportamento da maré do rio Arienga – Barcarena em 09 de maio de 2017.



Medida da Área da Seção Molhada de Escoamento Após a delimitação das seções dos rios, determinou-se a profundidade em cada perfil (H), usando corda de nylon previamente graduada. A área da seção transversal (A) foi definida pelo produto da distância entre os perfis (L).



Sendo:

$$A = L_n \cdot \sum H_n$$

A: Área da seção transversal (m²)

L_n: Largura do perfil (m)

H_n: altura da lâmina de água (m)

2.5 DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE

A velocidade hidrométrica vertical foi determinada usando aparelho de medida *Mechanical flowmeters* modelo 2030 da *Genera Oceanics Inc.*

2.5.1 Determinação de Velocidade no Rio Capim – Ipixuna, Pa.

Nas seções com valores menores ou iguais a 2 m de profundidade foi utilizado um ponto de medida (60%), e, nas seções onde a profundidade se encontrava entre 2 e 4 m utiliza-se a metodologia de dois pontos (20% e 80% da profundidade). Nas

seções com profundidades superiores a 4 m foi a metodologia de 4 pontos (20%, 40%, 60% e 80%), como se observa na Figura 2.

$$V_m = V_{60\%} \text{ (profundidade entre } <2 \text{ m)}$$

$$V_m = (V_{20\%} + V_{80\%}) / 2 \text{ (profundidade entre 2 e 4 m)}$$

$$V_m = (V_{20\%} + 2 V_{40\%} + 2V_{60\%} + V_{80\%}) / 6 \text{ (profundidade } >4 \text{ m)}$$

$$V_{mi} = V_{m1} + V_{m2} + \dots + V_{mn}$$

V: Velocidade m/s

Q: Vazão m³/s

A: Área em m²

I: Comprimento da seção em m.

2.5.2 Determinação de Velocidade no Rio Arienga – Barcarena, PA.

Nas seções com valores menores ou iguais a 2 m de profundidade foi utilizado um ponto de medida (60%), e, nas seções onde a profundidade se encontrava acima de 2 m utiliza-se a metodologia de 4 pontos (20%, 40%, 60% e 80% de profundidade), como se observa na Figura 03.

$$V_m = V_{60\%} \text{ (profundidade entre } <1 \text{ m)}$$

$$V_m = (V_{20\%} + V_{80\%}) / 2 \text{ (profundidade entre 1 e 2 m)}$$

$$V_m = (V_{20\%} + 2 V_{40\%} + 2V_{60\%} + V_{80\%}) / 6 \text{ (profundidade } >2 \text{ m)}$$

$$V_{mi} = V_{m1} + V_{m2} + \dots + V_{mn}$$

V: Velocidade m/s

Q: Vazão m³/s

A: Área em m²

I: Comprimento da seção em m

2.6 ESPECIFICAÇÕES DO APARELHO USADO NA MEDIÇÃO

As velocidades em diferentes profundidades foram determinadas usando o aparelho de medida *Mechanical flowmeters* modelo 2030 da *General Oceanics Inc* (Figura 5). seguindo as instruções do seu manual e usando as seguintes fórmulas matemáticas:

Satandard Speed Rotor Constant = 26.873

Distância em metros = (rotações * rotor *Constant*)/999999

Velocidade em cm/seg = (distância em metros * 100) /tempo em segundos.

Vazão em metros cúbicos = (velocidade em metros/seg) * área da seção em m².



Figura 5 - *Mechanical flowmeters* usado na determinação da velocidade.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ESTIMATIVA DA VAZÃO

Os cálculos das vazões dos rios foram realizados conforme Pinto e colaboradores (1973). Onde, a vazão numa determinada seção transversal de um rio (Q), definida como sendo o volume de água que passa nessa seção na unidade de tempo, pode ser medida pelo produto da área da seção (A) pela velocidade média da água que atravessa a mesma (V), dessa maneira seguindo a sequência das seguintes fórmulas:

$$Q = \Sigma Q$$

$$\Sigma Q = \Sigma A * V_m = A_1 V_{m1} + A_2 V_{m2} + .. + A_i V_m$$

Onde:

V: velocidade m/s

Q: vazão m³/s

A: área em m²

Os resultados do cálculo da vazão através da velocidade de fluxos utilizando *MechanicalFlowmeters* modelo 2030 e da área das seções, podem ser observados na Figura 6 para o rio Capim e na Figura 7 para o rio Arienga.

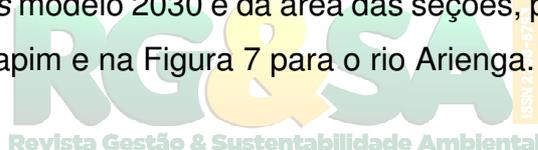
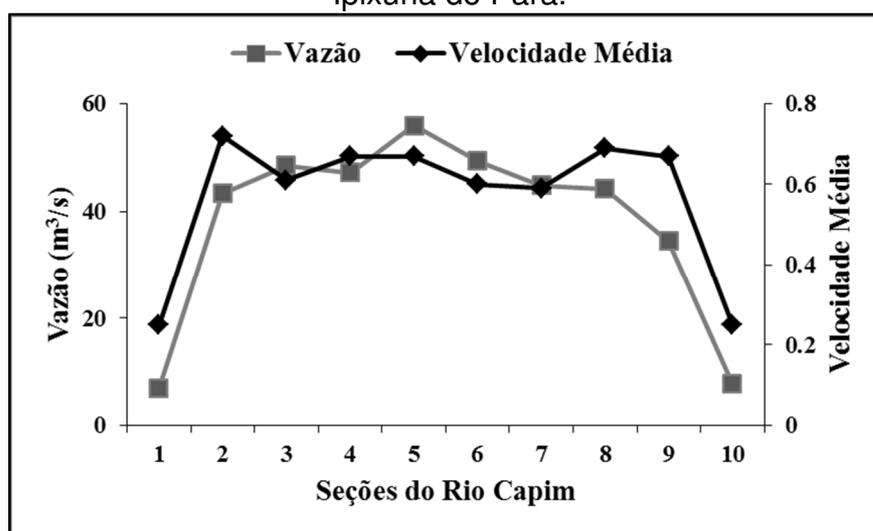


Figura 5 - Gráfico do resultado das velocidades e vazões dos perfis do Rio Capim - Ipixuna do Pará.

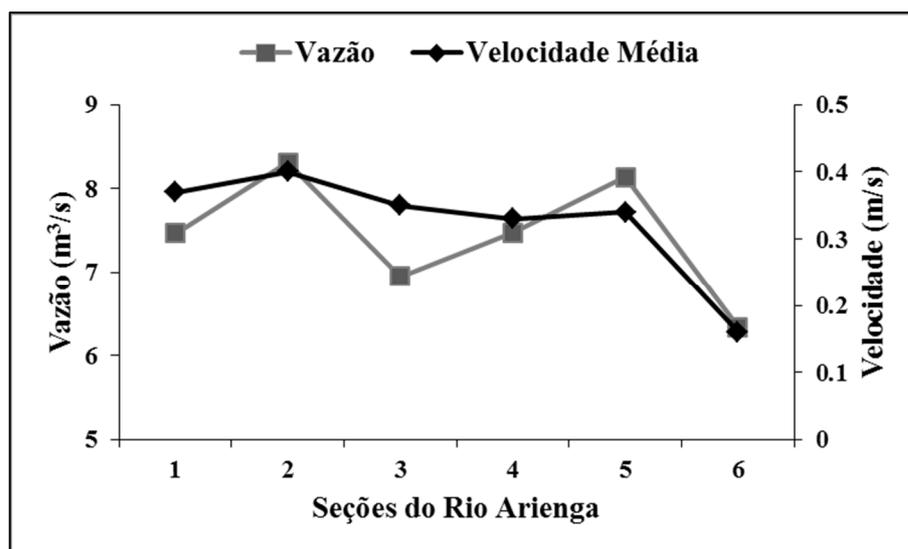


Através da análise do comportamento da velocidade dos fluxos da água nos diferentes perfis longitudinais de medida do rio Capim, evidencia-se menores velocidades e vazões na margem direita (perfil 10) e esquerda do rio (perfil 1), este comportamento, característico de corpos hídricos sem influência de maré e gradientes topográficos maiores, foi definido por Maldonado e colaboradores (2015), onde em um estudo de vazão notaram que as maiores velocidades se localizam a uma distância considerável da margem. Notou-se ainda que, a maior vazão do trecho analisado é ao meio do perfil horizontal na seção 5, todavia a maior velocidade demonstrada foi na seção 2, onde a vazão aumenta significativamente em relação a seção 1. Além disso, verificou-se que onde há menor vazão e velocidade no perfil do há menores profundidades também de acordo com a Figura 06. A distribuição da vazão e velocidade ao longo do perfil do rio Capim mostra que corpos hídricos da região amazônica, nos seus trechos mais baixos e mais próximos da sua desembocadura, comportamento similar aos corpos hídricos localizados em cotas topograficamente maiores com gradientes topográficos maiores onde as maiores velocidades e vazões se apresentam nos perfis centrais diminuindo gradativamente para as margens.

Os resultados obtidos nas medidas de velocidade e vazão do rio Capim evidenciam a existência de caminhos preferencias onde as maiores velocidades e vazões no necessariamente se apresentam na região central do corpo hídrico, fato registrado com maior evidencia nos resultados da vazão e velocidade do rio Arienga.

Os resultados da velocidade e vazão nos diferentes perfis, longitudinais do rio Arienga, mostraram-se aleatórios com maiores velocidades nos perfis 2 e 5, mais próximos da margem, e menores velocidades e vazões nos perfis mais afastados da margem do rio (perfis 3 e 4). Como pode-se observar nas figuras 06 e 07 existe uma diferença significativas no comportamento da vazão e velocidade dos perfis dois corpos hídricos analisados, onde o rio Capim apresenta menores velocidades nas margens e maiores na região central. Já os resultados da velocidade dos fluxos de água no rio Arienga mostraram comportamento aleatório mostrando velocidades maiores, umas vezes em secções próximas das margens outras na região central do corpo hídrico.

Figura 7 - Gráfico do resultado das velocidades e vazões dos perfis do Rio Arienga – Barcarena.



Uma das prováveis causas deste comportamento diferenciado nos dois corpos hídricos analisados e a sua localização e cota topográfica que tem influência direta na velocidade do fluxos dos corpos hídricos, Como pode ser observado as velocidades registradas nos diferentes perfis do rio Capim mudaram entre 0,25 a 0,70 m/seg enquanto o rio Arienga mostrou velocidades mudando entre 0,15 e 0,40 m/seg. A diferença da velocidade dos corpos hídricos da região amazônica está fortemente influenciada pelos gradientes topográficas sendo maior nos trechos localizados nas cotas topográficas mais elevadas quando comparadas com as cotas topográficas mais baixas próximo da desembocadura. As menores velocidades registradas no rio Arienga causa a deposição de bancos de areia que terminam-se depositando aleatoriamente e causando caminhos presenciais influenciando na velocidade de escoamento dos fluxos de água.

As Figuras 08, 09 e 10 mostram os resultados das velocidades dos fluxos de água ao longo do perfil longitudinal e vertical, evidenciando que no corpo hídrico com influência da maré as menores velocidades apresentaram-se nas margens do corpo hídrico, mostrando ainda áreas de menores velocidades também na região central, mas com certa aleatoriedade. Já o rio Capim mostrou-se similar ao comportamento clássico de rios sem influência de maré, com maiores velocidades na região central e menores na média que se aproxima às margens com certa aleatoriedade.

Em relação a velocidade em profundidade, o rio Arienga não exibiu uma evidência clara da sua variação apresentado aparentemente uma uniformidade na velocidade ao longo dos perfis verticais, sendo observado em alguns casos maiores velocidade

nas zonas mais profundas, como pode ser observado nos perfis 6 e 3 da Figura 08. Este comportamento nos perfis 6 e 3 contrasta como a distribuição da velocidade nos perfis 1, 2, 4 e 5 que registrara homogeneidade no comportamento, mostrando que a profundidade nestes perfis não influênci na velocidade.

Figura 8 - Detalhes da variação da velocidade em cada perfil da fração do rio Arienga na baixa-mar

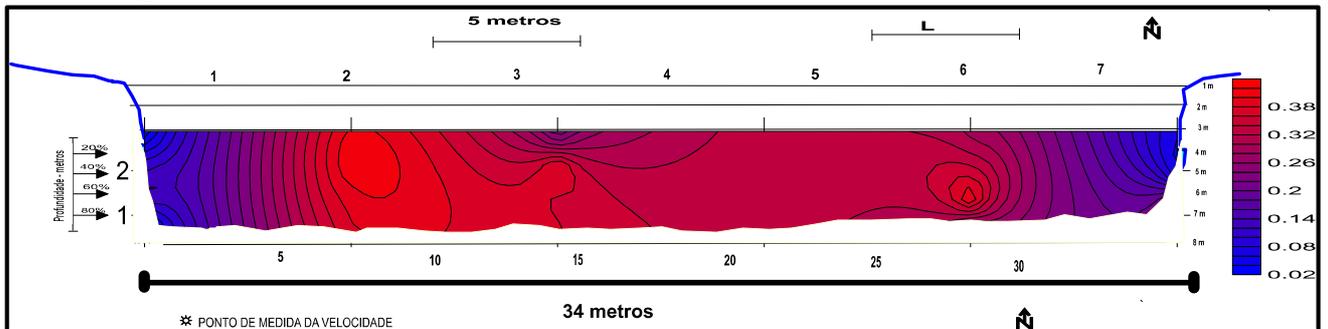
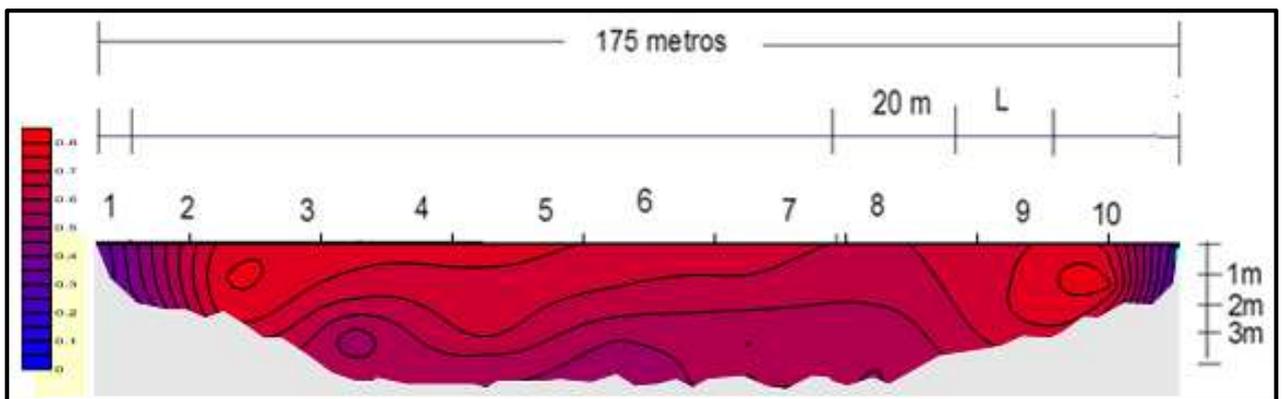


Figura 9 - Detalhes da variação da velocidade em cada perfil da fração do rio Capim.



As Figura 09 mostras os resultados das velocidades dos fluxos de água ao longo do perfil longitudinal e vertical registrados no rio Capim, que representa corpos hídricos da região amazônica sem influência de maré. Longitudinal, as menores velocidades apresentaram-se nas margens do corpo hídrico (perfis 1 e 10), com maiores velocidades registradas nos perfis 3 e 9 que são justamente os perfis anteriores os perfis das margens. Em geral forma registradas maiores velocidades nos perfis centrais quando comparados com os perfis das margens do corpo hídrico.

Em relação à velocidade em profundidade o rio Capim exibiu maiores velocidades nas zonas ligeiramente inferiores a superfície, com menores velocidades

nas zonas mais profundas, ressaltando que este comportamento não foi claramente evidenciado nos perfis localizados nas margens do corpo hídrico. O comportamento da velocidade, nos perfis verticais do rio Capim, que representa os corpos da região amazônica sem influência da maré, apresenta-se similar ao comportamento clássico dos rios que não experimentam influência da maré, com maiores velocidades nas áreas localizadas ligeiramente abaixo da superfície com diminuição gradativa para as zonas mais profundas, conforme Carvalho (2014) isto ocorre devido à morfologia do rio, em que o atrito da água nas margens e no leito causa um efeito de retardamento da velocidade. Velocidades relativamente baixas do rio Capim contribuem com a presença de bancos de areia e a predominância de leitos largos e pouco profundos podem ser as causas das diferenças no comportamento da velocidade do perfil longitudinal.

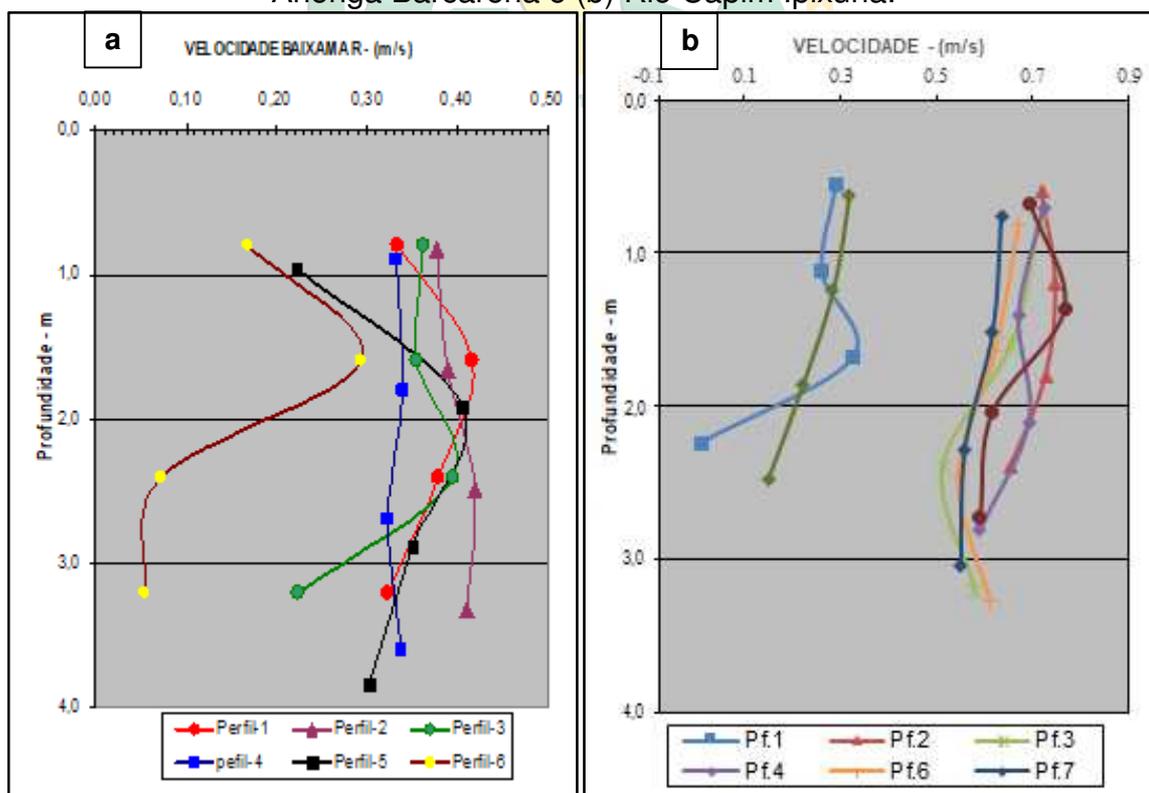
A partir das análises das informações dos corpos hídricos analisados averiguou-se que há notória diferença no comportamento hidrodinâmico dos rios Capim e Arienga, uma vez que o Rio Capim não apresenta influência da maré e possui um perfil longitudinal e vertical clássico e mais citado na literatura, onde os valores das velocidade e vazões são maiores conforme se distanciam das margens e aumentam com a profundidade (PINTO, et. Al., 2011), já o rio Arienga não demonstrou semelhança alguma, mas Carvalho (2008) afirma que, este fato é devido à morfologia do rio. Além disso, constatou-se que o Rio Capim possui uma vazão de 382,11 m³/s, que é superior à do Arienga de 44,69 m³/s, considerando a largura dos rios esta diferença já era esperada. Em relação as velocidades o Rio Capim apresentou uma velocidade média de 0,57 m/s e o Arienga 0,32 m/s, diferenças causadas pelos gradientes topográficos diferentes para cada corpo hídrico analisado.

A partir da análise da Figura 10 (b) nota-se que a velocidade nos perfis vertical do rio Capim, com diminui da superfície para o fundo, corroborando as observações de Pinto e colaboradores (2011) que ressaltam que, de modo geral, a velocidade da água num rio diminui da superfície para o fundo e do centro para as margens, demonstrando. De outro lado o rio Arienga (figura 10(b)), que representa corpos hídricos da região amazônica com influência de maré não evidenciaram aumento da velocidade com a profundidade, mostrando inclusive alguns dos perfis o efeito contrário onde as zonas mais profundas apresentaram maiores velocidades, como

registrado nos perfis 4 e 2. Este tipo de comportamento um tanto aleatória da velocidade com a profundidade em corpos hídricos com influência da maré foi descrito por Holdefer e Severo (2015) que observaram comportamentos similares em corpos hídricos com influência das marés em medições realizadas em períodos de baixo fluxo (baixa mar), condições similares às realizadas no corpo hídrico objeto da análises.

A velocidade dos fluxos da água pode ser um fator que influência no comportamento diferenciado da dinâmica hídrica dos corpos hídricos com e a profundidade. O rio Capim apresentou, na época das medidas, profundidades máximas de 4 metros, mas pode atingir profundidades até aproximadamente 12 metros na época de chuva. O rio Arienga mostrou profundidade entre 4 e 5 metros na baixa mar mudando até 8 metros na preamar. A da profundidade dos corpos hídricos com influência de maré registram pouca variação na época de seca e na época de chuva, em contraste com a variação maior da profundidade dos corpos hídricos da região amazônica que não possuem influência da maré.

Figura 10 - Variação da velocidade em profundidade do baixa-mar no (a) Rio Arienga Barcarena e (b) Rio Capim Ipixuna.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método de integração da distribuição de velocidades demonstrou-se eficiente para a medição de vazão de rios com características distintas da Região Amazônica. O método é simples e apenas exige um fundamento teórico para que se possa estimar a vazão, se diferenciando dos métodos automáticos em que o resultado é imediato e o operador não necessita de conhecimentos específicos aprimorados. Entretanto é um método de baixo custo e apresenta dados confiáveis. Porém, apesar do método ter demonstrado exibir-se apto para a medição de vazão, sugere-se que haja uma comparação com outros métodos para se obter uma melhor medição para rios com influência de maré, haja vista, que em algumas seções do Rio Arienga houve oscilações incomuns no resultado das vazões e velocidades.

Os resultados mostraram que existem diferenças no comportamento da velocidade ao longo de perfis longitudinais de corpos hídricos localizados na região amazônica, com e sem influência da maré, traduzido em diferentes gradientes topográficas que terminam influenciado a presença de bancos de areia que originam caminhos premências do fluxo da água.

Em termos quantitativos as velocidades o Rio Capim apresentou uma velocidade média de 0,57 m/s e o Arienga 0,32 m/s, mostrando comportamento aleatório nos perfis longitudinal e vertical característico dos corpos hídricos da região amazônica.

HYDRODYNAMIC BEHAVIOR OF WATER RESOURCES WITH AND WITHOUT INEQUENCY OF THE TIDE IN THE AMAZON REGION

ABSTRACT

The knowledge of the flow of water resources became indispensable to the management process because the granting of the right of use, defined as an instrument of the national water resources policy, by Law 9.433 of 2000. Thus, the understanding of hydrodynamic behavior has become essential for the definition of maximum water withdrawal limits of a water body that can be granted to users. The purpose of this paper was to analyze the hydrodynamic behavior of two rivers located in the Amazon region in the state of Pará, one of them being the Arienga River affluent of the Pará River, subject to the periodic influence of the tide, and the other the Capim

River, which analyzed does not experience tidal influence. The velocity of the water flows is often a factor that influences the differential behavior of the water dynamics and the results showed that, in quantitative terms, the velocities of the Capim River presented an average velocity of 0,57 m/s of the Arienga River 0,32 m/s, differences caused by the different topographic gradients of each analyzed water body, a factor strongly influenced by the presence of sandbanks that generate preference paths causing randomness in the velocity behavior of the longitudinal flows of the rivers analyzed.

Key words: Integration of velocity distribution. Flow determination. Amazonian rivers.

REFERÊNCIAS

Agencia Nacional de Águas. Regiões Hidrográficas: Região Hidrográfica Amazônica. A maior do mundo em disponibilidade de água. 2017. Disponível em:<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/amazonica.aspx>>. Acesso em 10 de jan. de 2018.

BONIFÁCIO, Cássia M. et al. Comparação de Três Métodos Para a Medição da Vazão e Velocidade Aplicados em Dois Cursos D'água da Bacia Do Ribeirão Maringá., 2013. Disponível em :<<https://www.researchgate.net/publication/259229210>>. Acesso em 29 de jan. de 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Águas: Inventário das estações fluviométricas. / Agência Nacional de Águas. – 2 ed. - Brasília: ANA; SGH, 2009.

BRASIL, Governo do Estado do Pará: O estado do Pará. 2017. Disponível em:<http://www.pa.gov.br/O_Para/opara.asp>. Acesso em 27 de fev. de 2018.

BRASIL. Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos... Lex, São Paulo, 1997.

CAETANO, Marta C. et al. A Etnoecologia e os Impactos das Empresas Mineradoras na Comunidade do Rio Arienga, na Vila de Beja em Abaetetuba Pará. VI Encontro Nacional da Anppas, 2012. Disponível em<<http://www.anppas.org.br/encontro6/anais/ARQUIVOS/GT14-923-838-20120630234706.pdf>>. Acesso em 03 de mar. de 2018.

CAMAPUM FILHO, Nicanor A. et al. Avaliação de medidores de vazão com múltiplas tomadas de pressão na macromedição em sistemas de água. Sabesp Revista DAE:

Artigos Técnicos, 2014. Disponível em:<http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_178_n_1107.pdf>. Acesso em 13 de fev. de 2018.

CARVALHO, Thiago Morato. Técnicas de Medição de Vazão Por Meios Convencionais e Não Convencionais. RBGF – Revista Brasileira de Geografia Física Recife-PE Vol. 01 n.01 Mai/Ago 2008, 73-85. Disponível em:<<https://ufrr.br/mepa/phocadownload/vazao-rbgf.pdf>>. Acesso em 11 de abr. de 2018.

CARVALHO, Renei Rocha et al. Monitoramento da Vazão em Rios da Região Sul do Amazonas. Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente - ISSN 1983-3423; Ano 7, Vol XII, Número 1, Jun-Jul, 2014, Pág. 8-27. Disponível em:<<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4730897.pdf>>. Acesso em 05 de jan. de 2018.

COSTA, Marcos. H. et al. Efeitos de Variabilidade Climática e Desmatamento No Regime de Águas Superficiais. 2009. Amazon and Global Change. Geophysical Monograph Series 186. Disponível:<https://daac.ornl.gov/LBA/lbaconferencia/amazonia_global_change/33_Efeitos_Variabilidade_Costa.pdf>. Acesso em 12 de abr. de 2017.

FINOTTI, A. R. et al. Monitoramento de Recursos Hídricos em Áreas Urbanas.- Gestão e tecnologias ambientais. 1ª Ed. EDUCS. Caxias do Sul – RS; 2009.

GARCEZ, Lucas. N. et al. Hidrologia. Ed.edgard blucher ltda,1999.

GURGEL, Augusto de Rubim Costa. Ressonância da Onda de Maré na Plataforma Continental Amazônica. RECIFE-PE – 2015. Disponível em:<http://www.ppgfa.ufrpe.br/sites/ww2.prppg.ufrpe.br/files/dissertacao_augusto_rubim.pdf>. Acesso em 07 de mar. de 2018.

HOLDEFER, Antônio E. et al. Análise por ondaletas sobre níveis de rios submetidos à influência de maré. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Versão On-line ISSN 2318-0331 RBRH vol. 20 no .1 Porto Alegre jan./mar. 2015 p. 192 – 201. Disponível em:<https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/176/87a07a9fde793ae0438a8bda8eb68a1c_2565329163ab6e6f459e7266ad78420b.pdf>. Acesso em 10 de mar. de 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Cidades; 2017. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama>>. Acesso em 12 de jan. de 2018.

MALDONADO, Luiz Henrique et al. Avaliação de métodos de baixo custo para medição de vazão em córregos. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science - 2015. Disponível em:

<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92838238015>> ISSN 1980-993X. Acessado em 05 de abr. de 2018.

MENDONÇA, Francisco. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo:Oficina de textos, 2007.

PACA, Victor Hugo da Motta et al. O comportamento hidrológico da Bacia do Rio Capim-Pará e sua influência como condicionante da paisagem. 2018 http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Comp_Paca.pdf. Acessado em 03 de fev. de 2018.

PINTO, Nelson. L. de Sousa et al. Hidrologia básica. São Paulo: Blucher,1976. 13ª Impressão, 2011 – Editora Edgard Blucher Ltda.

PINTO, Nelson. L. de Sousa et al. Hidrologia de superfície. 2. Ed. São Paulo, Edgar Blucher; Curitiba Centro de Pesquisas de Hidráulica e Hidrologia da Universidade Federal do Paraná, 1973.

SCHVARTZMAN, Alberto Simon et al. Outorga e Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos: Aplicação à Bacia do Rio Paraopeba, MG. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. 7(1). (2002). Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=99&SUMARIO=1584>. Acesso em: 11 de fev. de 2018.

SILVA, Antônio M. et al. Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.10, n.2, p.374–380, 2006. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n2/v10n2a19>>. Acesso em 11 de abril de 2017.

TUCCI, Carlos E. M et al. Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica / Ministério do Meio Ambiente / SQA. – Brasília: MMA, 2006.