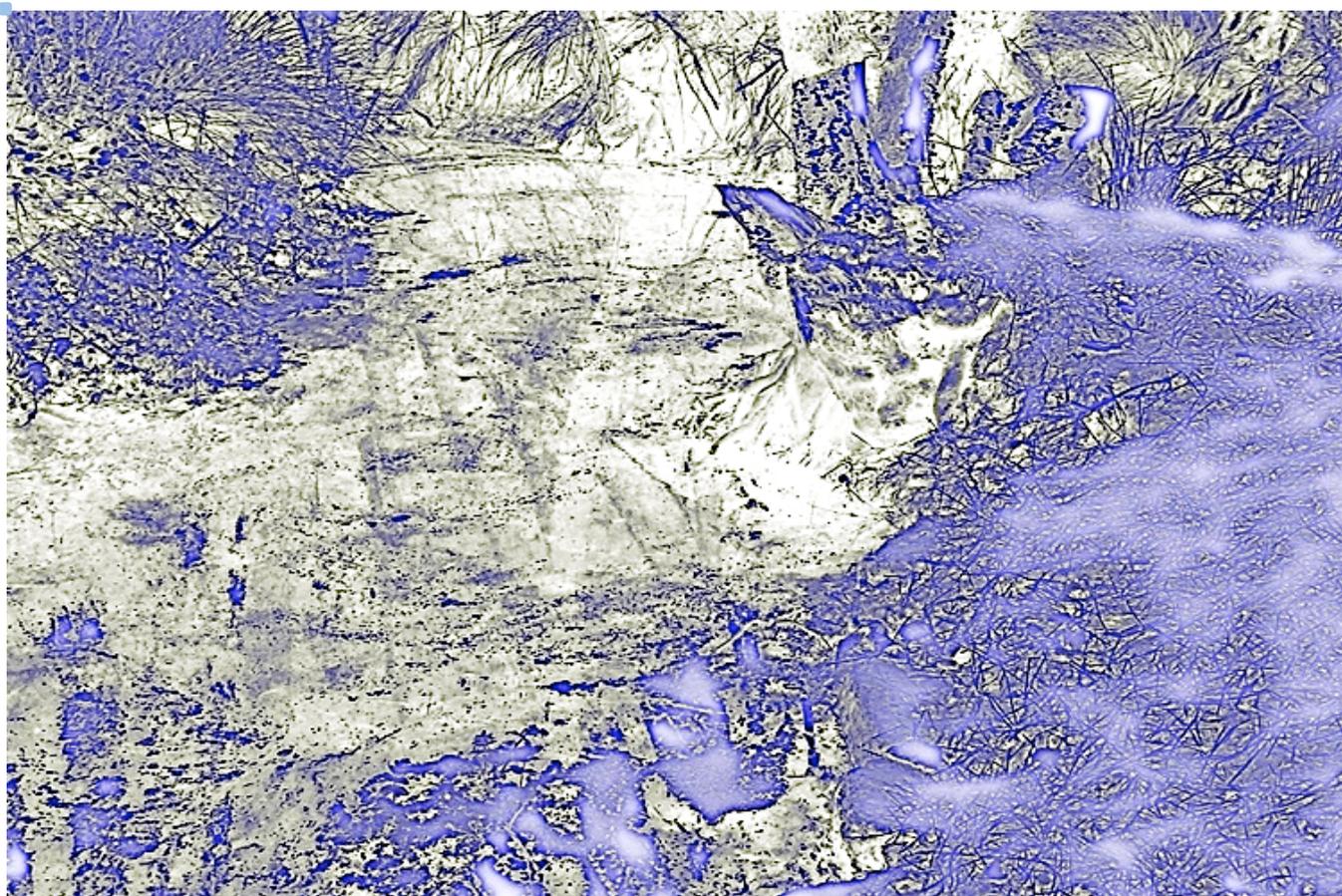


Capítulo XIV

Percepção da população ribeirinha sobre a despoluição de rio urbano usando biorremediação





PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO RIBEIRINHA SOBRE A DESPOLUIÇÃO DE RIO URBANO USANDO BIORREMEDIAÇÃO

Artur Henrique Freitas Florentino de Souza^{1a}; Maria Cristina Crispim^{1b}; Randolpho Sávio Marinho^{1c}; Ana Antão-Geraldes²

¹ Departamento de Sistemática e Ecologia, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, Brasil. (^a <https://orcid.org/0000-0002-9069-7950>; ahffs@ccen.ufpb.br; ^b <https://orcid.org/0000-0002-4414-2989>; ccrispim@hotmail.com; ^c <https://orcid.org/0000-0001-8303-0819>; rando28br@gmail.com); ² Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Laboratório Associado para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha (SusTEC), Instituto Politécnico de Bragança, Portugal. (<https://orcid.org/0000-0003-4966-2227>; geraldes@ipb.pt).

RESUMO

A degradação dos rios urbanos é, muitas vezes, causada pela falta de um tratamento prévio dos efluentes antes de serem lançados nos seus leitos. Quando estes desembocam em regiões costeiras, isso afeta a qualidade ambiental das mesmas, levando também à perda de balneabilidade. É o caso do Rio Jaguaribe, João Pessoa-PB, Brasil, que desemboca no Rio Mandacaru e no Estuário do Rio Paraíba. Porém, para mitigar tal degradação, utilizou-se a Biorremediação, que utiliza espécies vivas, geralmente microrganismos, para descontaminação do ambiente. Para isso, utilizou-se o perifiton (biofilme) para a melhoria da qualidade da água, através do aumento de substrato de forma artificial, por bioestimulação. O projeto de pesquisa apresentou dados positivos, como aumento significativo de oxigênio dissolvido e redução de compostos fosfatados, comprovado por outras pesquisas, mas é necessário saber se a despoluição foi também percebida pelos moradores. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a percepção dos moradores ribeirinhos sobre a eficiência da biorremediação em trechos do Rio Jaguaribe. A pesquisa foi qualitativa e foram selecionadas duas comunidades ribeirinhas: a São Rafael e a Tito Silva. Nestas, instalaram-se quadrados flutuadores com cortinas de plástico imersas para a colonização do perifiton (módulos de Biorremediação). Para obter a percepção dos moradores ribeirinhos, aplicaram-se questionários semiestruturados antes e 60 dias após a instalação dos módulos de Biotratamento e as respostas foram categorizadas em notas (Muito Bom -10; Bom - 9 a 7; Regular - 6 a 5; Ruim - 4 a 2 e Muito Ruim - 1 a 0). Realizaram-se testes não-paramétricos de variância, com as respostas obtidas. Os resultados mostraram que antes da instalação dos módulos, 46% e 64% na São Rafael e Tito Silva, respectivamente, consideravam o trecho do rio “Muito Ruim”; após o Biotratamento, 46% consideraram “Bom” na comunidade São Rafael e 78% “Regular” na Tito Silva. Houve diferenças significativas entre as notas do antes e após a intervenção do Biotratamento ($W = 15$, p

= 0,002; $W = 20,5$, $p = 0,001$, São Rafael e Tito Silva, respectivamente). Com isso, conclui-se que os moradores perceberam os efeitos da Biorremediação no Rio Jaguaribe na melhora da qualidade da água, podendo tal biotecnologia ser usada em outros locais deste rio e em outros rios urbanos degradados, visto ser um processo simples de biotratamento e de muito baixo custo.

Palavras-chave: Ribeirinhos; Biofilme; Biorremediação; Rio Jaguaribe; Mata Atlântica.

Population's perception of depollution of an urban river using bioremediation

ABSTRACT

The degradation of urban rivers is often caused by the lack of prior treatment of effluents before they are released into the river beds. When these flow into coastal regions, this affects their environmental quality, also leading to a loss of bathing ability. This is the case of the Jaguaribe River, João Pessoa-PB, Brazil, which flows into the Mandacaru River and the Paraíba River Estuary. However, to mitigate such degradation, Bioremediation (Biotreatment) was used, which uses living species, generally microorganisms, to decontaminate the environment. For this, periphyton (biofilm) was used to improve water quality, through the insertion of artificial substrata, for biostimulation. The research project presented positive data, such as a significant increase in dissolved oxygen and a reduction in phosphate compounds, proven by earlier research, but we need to know whether the depollution was also noticed by riverside. Therefore, the objective of this research was to evaluate the perception of residents about the efficiency of bioremediation in stretches of the Jaguaribe River. The research was qualitative and quantitative and two riverside communities were selected: São Rafael and Tito Silva. In these, floating squares were installed with plastic curtains immersed for the colonization of periphyton (Bioremediation modules). To obtain the perception of riverside residents, semi-structured questionnaires were

administered before and 60 days after the installation of the Biotreatment modules and the responses were categorized into grades (Very Good -10; Good - 9 to 7; Fair - 6 to 5; Bad - 4 to 2 and Very Bad - 1 to 0). Non-parametric variance tests were carried out with the responses obtained. The results showed that before installing the modules, 46% and 64% in São Rafael and Tito Silva, respectively, considered the stretch of the river “Very Bad”; After Biotreatment, 46% considered it “Good” at São Rafael community and 78% “Regular” at Tito Silva. There were significant differences between the scores

before and after the Biotreatment intervention ($W = 15$, $p = 0.002$; $W = 20.5$, $p = 0.001$, São Rafael and Tito Silva, respectively). With this, it is concluded that residents noticed the effects of Bioremediation in the Jaguaribe River in improving water quality, and thus, such biotechnology can be used in other locations of this river and other degraded urban rivers, as it is a simple and very low-cost biotreatment process.

Keywords: Riverside; Biofilm; Bioremediation; Jaguaribe River; Atlantic Forest.

INTRODUÇÃO

Os rios urbanos se caracterizam, quase sempre, como áreas de degradação ambiental, por serem rodeados pela urbanização, estando sujeitos a diversos tipos de impactos ambientais, tais como a alteração do curso natural do rio, a substituição da mata ciliar por aglomerados populares, assoreamento do rio, despejos de efluentes e resíduos, poluição da água, mudança no ecossistema local, perda de espécies de fauna e flora, entre outras que veem modificando a dinâmica natural dos corpos hídricos (SOUZA *et al.*, 2023).

Os rios urbanos deveriam prover serviços ecossistêmicos, como os outros rios. No entanto, convém salientar que serviços ecossistêmicos é uma visão cornucópica da natureza, em que tem o ser humano no ápice, visto que considera os ecossistemas como provedores de serviços ao ser humano (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; FISHER *et al.*, 2009; HAINES-YOUNG & POTSCHIN, 2017), quando o próprio equilíbrio ecossistêmico, garantindo a sobrevivência de todas as espécies deveria ser levado também em consideração. Na China, entre os principais serviços ecossistêmicos de rios urbanos a purificação da água foi citada como o principal serviço pelos entrevistados (CHEN, 2019), no entanto, com as ações humanas ou falta delas, como a falta de tratamento de esgoto, este serviço ecossistêmico, entre outros, é perdido, principalmente em países onde não há tratamento adequado do esgoto ou não há qualquer um. De modo geral, as consequências sofridas pela intervenção humana nos rios urbanos são diversas e trazem sérias consequências não somente para o corpo hídrico, mas também para a população do entorno, pois são grandes as possibilidades de

inundações, enchentes e alagamentos (SMITH *et al.* 2019; ARAÚJO *et al.*, 2019), podendo levar à perda de bens, acidentes e até mesmo a mortes. Pela grande carga orgânica que recebem pela entrada de esgotos, as plantas aquáticas, principalmente as flutuantes formam grandes bancos de macrófitas que atrapalham o fluxo da água, favorecendo as inundações. Caso haja uma grande carga poluidora no rio, há também a possibilidade da disseminação de doenças (NUNES, 2012).

Um dos grandes problemas enfrentados pelos corpos hídricos localizados em áreas urbanizadas é a poluição hídrica. Por muitas vezes os rios tornam-se córregos de esgotos. Em muitas cidades brasileiras os efluentes domésticos e industriais são despejados de forma irregular nos rios, bem como resíduos sólidos de todos os tipos (ALMEIDA, 2010). Essa situação apresenta problemas para os ecossistemas locais, alterando as características naturais dos corpos hídricos, levando a processos de eutrofização e contaminação da água, transformando-a em um recurso hídrico impróprio para o consumo humano e sem utilidade para outros fins (ESTEVEZ, 2011)

Para solucionar o problema de ambientes degradados, pode-se utilizar a técnica da Biorremediação ou Biotratamento, que consiste no uso de espécies vivas para descontaminação, pois esta propicia condições para que os organismos se desenvolvam e degradem poluentes. JÖBGEN *et al.* (2004), RAMOS (2005), SZLAUER-LUKASZEWSKA, (2007), CRISPIM *et al.*, (2019) já utilizaram bandas de polietileno, para aumentar a superfície de adesão do biofilme natural. Tal técnica também emerge como eficiente, potencial e economicamente viável para contribuir com o melhoramento do tratamento dos efluentes domésticos ou industriais lançados nos ambientes lóticos, pois, em tal técnica, os organismos como os fungos, algas, bactérias,

invertebrados, etc., são estimulados a degradar poluentes orgânicos dispostos no ambiente, terrestre e/ou aquático, visando reduzir ou remover os compostos contaminantes (FULEKAR & GEETHA, 2009).

O biotratamento tem sido proposto de forma experimental em mesocosmos (RAMOS, 2005; CRISPIM *et al.*, 2019) e de forma aplicada em ambientes aquáticos (PÉREZ, 2015; VIEIRA, 2018; MARINHO, 2018; GERALDES & CRISPIM, 2019; OLIVEIRA, 2020; SOUZA *et al.*, 2023). Estes autores utilizaram substratos artificiais, com a inserção de cortinas de polietileno, para a colonização da comunidade do perifiton, uma complexa comunidade de microrganismos (algas, bactérias, fungos e animais), detritos orgânicos e inorgânicos aderidos a substratos inorgânicos ou orgânicos vivos ou mortos (WETZEL, 1983), para que ocorresse a biorremediação ambiental, sem a introdução de espécies, obtendo resultados positivos, como o aumento da transparência da água, a oxigenação e a redução de nutrientes. Este processo é do tipo bioestimulação, que ao contrário de outros métodos em que se insere alimento ou oxigênio, neste caso se insere o habitat.

SOUZA *et al.* (2023), realizaram a aplicação da Biorremediação no Rio Jaguaribe, localizada totalmente dentro da cidade de João Pessoa-PB, que estava comprometido em virtude do despejo de efluentes domésticos e industriais, com elevada carga de resíduos, devastação da cobertura vegetal e expansão urbana (SANTOS *et al.*, 2015; REIS *et al.*, 2017). No entanto, viu-se a necessidade de inserir os atores sociais do entorno desse rio urbano na pesquisa, para registrar as mudanças, se percebidas, com a Biorremediação. Isso é importante, porque para que as pessoas possam se empoderar do conhecimento e possam aplicar nos próprios rios, haja visto que a gestão deve ser participativa, faz-se necessário que os ribeirinhos consigam perceber mudanças no rio e não que essas mudanças sejam apenas perceptíveis em nível físico e químico, cientificamente.

Diante de toda essa situação, estudos que relacionam o conhecimento dos moradores locais sobre os seus conceitos relacionados com a natureza têm sido cada vez mais reconhecidos pela academia (PEREIRA *et al.*, 2006).

Atualmente, de acordo com XAVIER & NISHIJIMA (2010), acredita-se que o estudo da percepção ambiental das pessoas, pode ser o

melhor caminho que produzirá melhores planejamentos para campanhas de educação ambiental e/ou gestão ambiental. Isso porque, como um ser social, o ser humano é um agente que pode transformar e manipular a natureza e, ao modificá-la, institui um espaço quase que somente seu, sem se preocupar com as consequências dessa ocupação. Por um lado, isso pode ser positivo porque traz a sensação de pertencimento e com isso as pessoas se motivam para melhorar o “seu” ambiente.

Dessa forma, esta pesquisa visa entender se há percepção dos ribeirinhos sobre mudanças relacionadas com o Rio Jaguaribe antes e após a inserção da biorremediação, de forma a que seja possível incentivá-los a ser parceiros na despoluição do rio. A pesquisa partiu do pressuposto de que ao perceber mudanças positivas no rio, após a inserção da biorremediação, estes seriam os maiores interessados na continuidade das ações, tornando-se dessa forma parceiros das ações de despoluição no rio, agindo na gestão participativa e para isso testa a hipótese de que as alterações ocorridas nos trechos do Rio Jaguaribe, por ação da biotratamento, são perceptíveis pelos moradores ribeirinhos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

As duas comunidades-alvo do estudo de percepção sobre o biorremediação foram a São Rafael e a Tito Silva (Figura 1) em João Pessoa, Paraíba, Brasil. A comunidade São Rafael é uma comunidade ribeirinha que está situada no Bairro Castelo Branco, entre as margens do Rio Jaguaribe e a rodovia federal BR-230 (transamazônica). Já a comunidade Tito Silva situa-se nas margens do Rio Jaguaribe, no seu médio curso, no Bairro Miramar (SOUZA *et al.*, 2023), com as respectivas coordenadas UTM 25 M 294965.73 m E; 9210913.37 m S e 25 M 297096.06 m E; 9211871.45 m S.

Os módulos de biorremediação que foram instalados, consistiram de quadrados flutuantes feitos de pvc, que suspenderam cortinas de polietileno que serviram de substrato para a agregação do biofilme. Cada módulo tinha 1,5 x 1,5 metros e tinha 5 cortinas penduradas com cerca de 1m de profundidade. Para mais detalhes desta metodologia ver descrição em SOUZA *et al.* (2023).

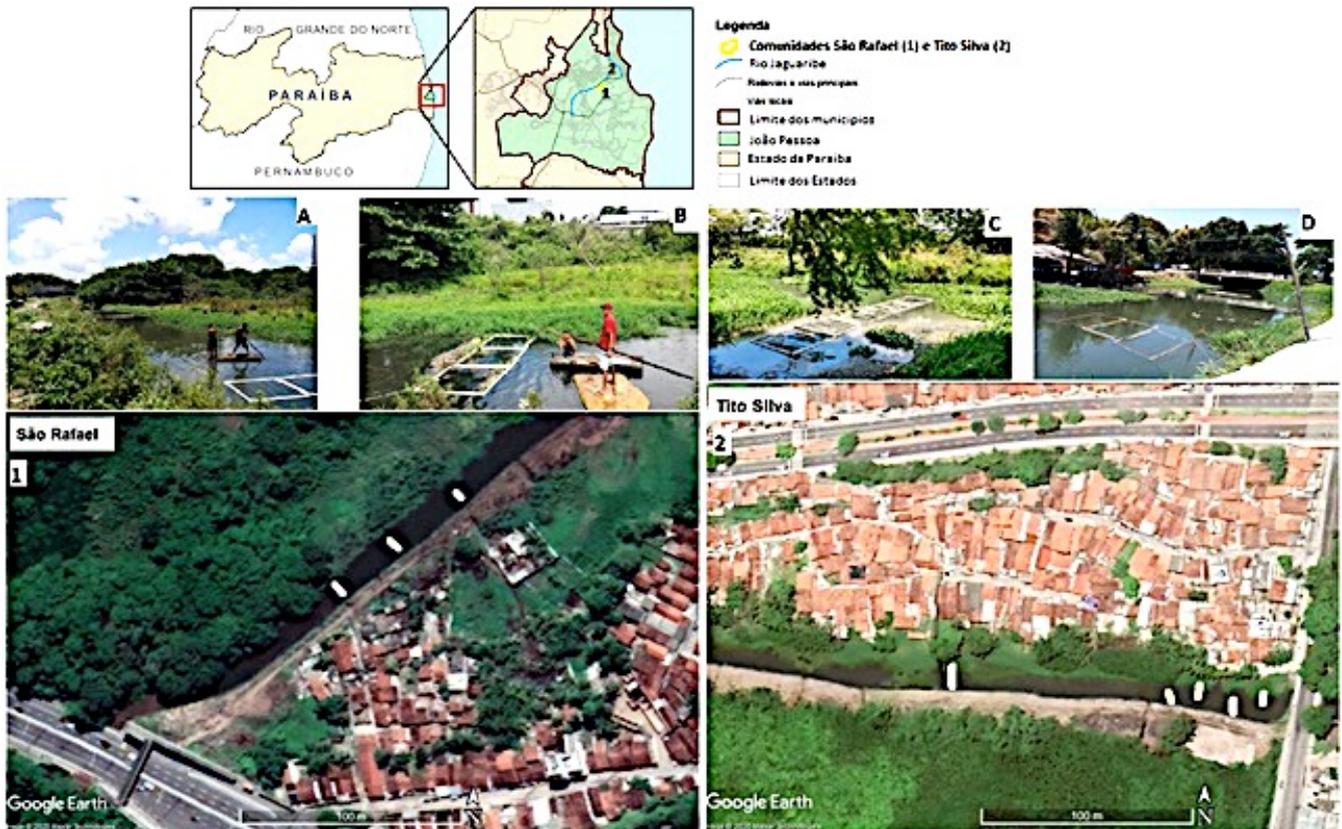


Figura 1. Localização das Comunidades São Rafael e Tito Silva e seus Respetivos Módulos de Biorremediação. Os traços brancos no Rio Jaguaribe mostram os locais dessa implantação do Biotratamento nas imagens 1 e 2. Fonte: Adaptação de SOUZA *et al.* (2023).

Entrevistas com os moradores

Para a averiguação da percepção dos atores sociais do entorno do Rio Jaguaribe sobre a qualidade de água, usos, impactos e sobre o efeito da biorremediação por perifiton, as entrevistas foram realizadas durante a estação de estiagem, entre os meses de agosto de 2019 (30 dias antes da implantação dos módulos de Biotratamento) e novembro do mesmo ano (60 após a instalação dos mesmos).

Para as entrevistas, foram selecionadas pessoas, de ambos os sexos, que morassem no local há pelo menos dez anos, que estivessem em constante contato com o Rio Jaguaribe, preferindo-se os que morassem na margem e que fossem maiores de 21 anos. O contato inicial foi dado através dos líderes das associações de moradores dos bairros/comunidades selecionadas.

Os moradores que aceitaram ser entrevistados e atendiam aos critérios supracitados da entrevista tiveram as suas respostas gravadas, respondendo a um questionário semiestruturado sobre como eles percebiam, de acordo com as suas observações e convivência, se houve ou não melhora da qualidade

da água do rio após a biorremediação. Nesta pesquisa houve a comparação de respostas sobre determinados quesitos sobre o Rio Jaguaribe, porém, em situações temporais diferentes (no início da colonização da área, antes e após a biorremediação), justificando o uso de testes estatísticos não-paramétricos, o que caracteriza uma pesquisa quali-quantitativa (SAMPIERI *et al.*, 2013).

Assim, foram entrevistados antes e após a implantação das estruturas o maior número possível de pessoas, que foram 33 pessoas no total, sendo 11 pessoas na Comunidade S. Rafael e 22 na comunidade Tito Silva. Os entrevistados, quando aceitaram responder ao questionário, foram informados de que suas identidades seriam mantidas em sigilo. Para que as identidades fossem mantidas em sigilo, os entrevistados receberam as iniciais “TS” para os moradores da Tito Silva e “SR” para os da São Rafael, enquanto que as respectivas numerações nessas iniciais foram de acordo com a ordem da entrevista. Além disso, após a indicação da ordem de entrevista, as letras “M” (masculino) e “F” (feminino) para indicar o

gênero do entrevistado. Ainda, na frente das supracitadas siglas, há outras, em minúsculo, para informar o nível de escolaridade de cada entrevistado: “ana” (Analfabeto), “fli” (Fundamental 1 incompleto), “flc” (Fundamental 1 completo), “f2i” (Fundamental 2 incompleto), “f2c” (Fundamental 2 completo), “mi” (Médio incompleto), “mc” (Médio completo), “si” (Superior incompleto) e “sc” (Superior completo). Por fim, a numeração após a sigla da identificação do entrevistado representa a idade daquele ou daquela moradora.

Para a captação da percepção dos moradores sobre a atuação do perifiton na qualidade da água do rio, foram realizadas visitas a partir do vigésimo dia e após os 60 dias da implantação dos módulos, para aplicação dos questionários. Desta forma, foram focados dois períodos distintos nas entrevistas quanto à percepção e usos do rio: antes e após a instalação dos módulos de biotratamento. Esses dados foram tabulados em planilhas Excel e apresentados na forma percentual e em gráficos. Foram realizadas comparações de forma geral e por gênero, idade e profissão.

Posteriormente, foram realizadas comparações de respostas dos entrevistados, através da categorização, para fazer-se testes de variância entre o que fora percebido pelos entrevistados

antes e depois/durante o biotratamento no Rio Jaguaribe. Os relatos dos entrevistados de maior relevância sobre os tópicos apresentados foram incluídos no texto, para uma apresentação de dados mais qualitativa e para fundamentar a discussão dos dados, e a identificação do entrevistado vai estar em negrito

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre todos os entrevistados, o **TS7M ana 77** foi a pessoa mais idosa, com 77 anos de idade, seguido do **SR6M mc 67** e **TS8F fli 67**, ambos com idade de 67 anos. No entanto, quando se trata do tempo de moradia no local, os mais antigos foram os entrevistados da São Rafael, entre os quais o **SR6M mc 67**, com 67 anos de moradia, seguido do **SR10M fli 62**, com 62 anos, mostrando que ambos estão desde seu nascimento no local.

Já o mais antigo da comunidade Tito Silva foi o **TS18M flc 53**, com vivência no local de 47 anos no local. A Figura 2 mostra a idade, o tempo de moradia, o gênero e o nível de escolaridade de cada entrevistado

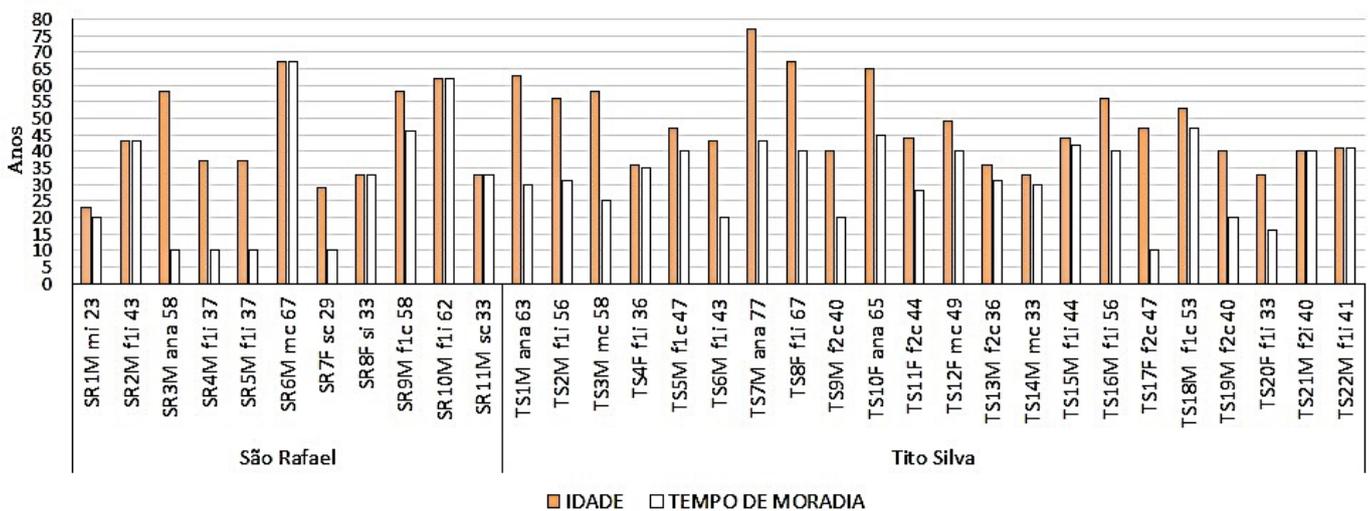


Figura 2. Idade, tempo de moradia, gênero e escolaridade dos ribeirinhos do Rio Jaguaribe, João Pessoa, PB, de setembro a dezembro de 2019 (São Rafael e Tito Silva). As iniciais “SR” para os da São Rafael e “TS” para os moradores da Tito Silva, enquanto que as letras M = Masculino e a F = Feminino; na frente destas, em minúsculo, o nível de escolaridade: “ana” (Analfabeto), “fli” (Fundamental 1 incompleto), “flc” (Fundamental 1 completo), “f2i” (Fundamental 2 incompleto), “f2c” (Fundamental 2 completo), “mi” (Médio incompleto), “mc” (Médio completo), “si” (Superior incompleto) e “sc” (Superior completo). Por fim, o número após a sigla representa a idade. Fonte: dados da pesquisa..

Com relação ao gênero, na comunidade São Rafael, foram obtidos 9 entrevistas com homens (82%) e 2 mulheres (18%) mulheres, enquanto que na

Tito Silva, foram 15 homens (68%) e 7 mulheres (32%). Em relação ao nível de escolaridade dos entrevistados, na comunidade São Rafael, 4

entrevistados (37%) se enquadravam com o Fundamental I incompleto, enquanto que duas pessoas (18%) com o superior completo. Já na comunidade

Tito Silva, o percentual de entrevistados que possuíam o fundamental incompleto foi de 36%, mas nenhum com o nível de ensino superior (Figura 3).

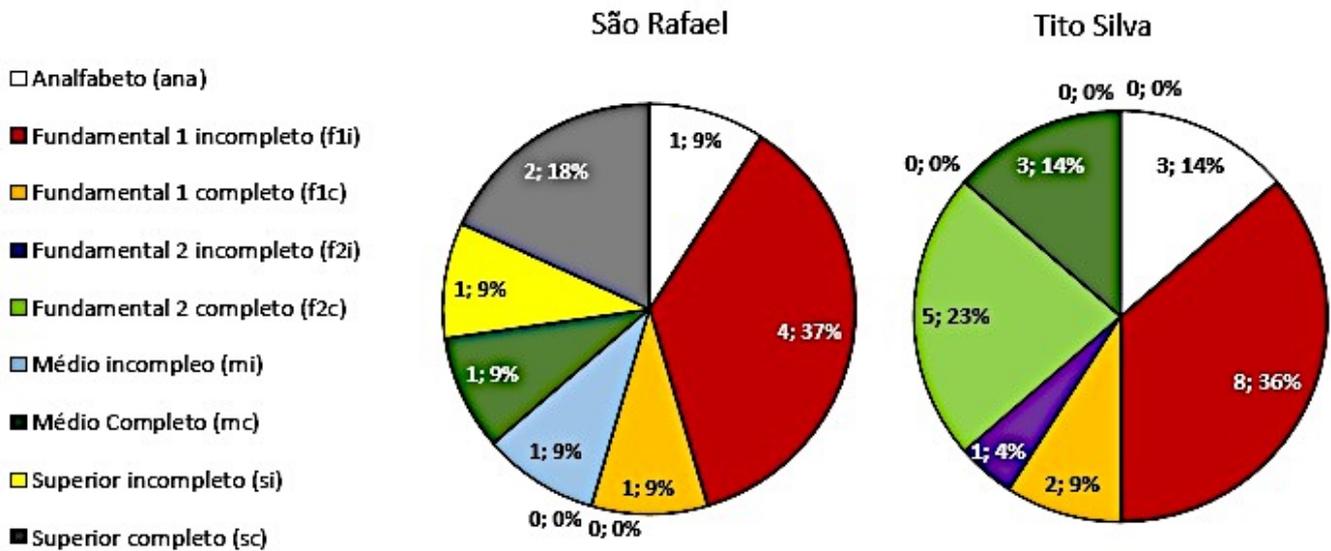


Figura 3. Nível de Escolaridade dos atores sociais ribeirinhos do Rio Jaguaribe, João Pessoa, PB, entrevistados de setembro a dezembro de 2019 (São Rafael e Tito Silva). Fonte: Dados da Pesquisa.

Em relação aos resultados de escolaridade, esses são semelhantes aos obtidos por SILVA *et al.*, (2009), LUCENA (2010), BONIFÁCIO & ABÍLIO (2010), ALVES (2012), PEREIRA *et al.* (2016) e OLIVEIRA (2020), cuja maioria dos entrevistados, também ribeirinhos, possui somente o Ensino Fundamental incompleto, o que mostra o baixo nível de escolarização dos moradores ribeirinhos em aglomerados urbanos. Isso reflete uma realidade brasileira, em que a falta de opção por áreas legalizadas, leva os imigrantes a ocuparem áreas mais insalubres e de risco, como as margens de rios, muitas vezes não conseguindo estudar, pela necessidade de trabalhar cedo.

Nota atribuída ao Rio Jaguaribe pelos entrevistados

Sobre a avaliação do Rio Jaguaribe, com as notas atribuídas pelos entrevistados (Figura 4A), na Comunidade Tito Silva antes do Biotratamento, a situação “muito ruim” correspondeu a 73% dos entrevistados (16 pessoas), seguido de 18% (4 pessoas) de respostas de que o rio estava em situação regular. Enquanto isso, 46% dos entrevistados na comunidade São Rafael responderam que o Jaguaribe estava “muito ruim” e outros 27% de que estava regular (Figura 4B).

Este resultado de que a situação desse rio fosse a pior possível na percepção dos moradores ribeirinhos já era esperado, pois se justifica pelos

vários relatos e fatos de que há esgoto, lixo, poluição e mau cheiro, de forma geral, no leito do Rio Jaguaribe. Entretanto, quando confrontados novamente com a pergunta sobre que nota dariam ao Rio Jaguaribe após a Biorremediação por perifíton, os entrevistados não mais atribuíram as notas mais baixas (ou associavam à categoria “muito ruim”). Ao contrário, houve uma melhora na avaliação após a intervenção do experimento *in situ*, a jusante dos módulos. Na comunidade São Rafael, houve 46% (5 pessoas) com respostas de que esse rio estaria “Bom”, seguido de 27% (3 pessoas) de que o rio estaria “regular”, com uma nota de 6 a 5. Já na Tito Silva, houve a predominância da avaliação do tipo Regular (45% ou 10 pessoas), seguido de 32% (7 pessoas) que perceberam que o rio estava, após a intervenção, como “Bom”.

É interessante salientar que a comunidade São Rafael está localizada a jusante do trecho em que o rio passa por dentro de uma Unidade de Conservação e com isso a água melhora ligeiramente, passando de péssima para ruim, segundo a classificação BMWP modificado por JUNQUEIRA & CAMPOS (1998) e utilizado por SOUZA *et al.* (2024), com isso realmente a água nesse trecho é menos ruim, mais transparente, e os entrevistados conseguiram perceber e melhorar a avaliação dessa forma, nesse trecho.

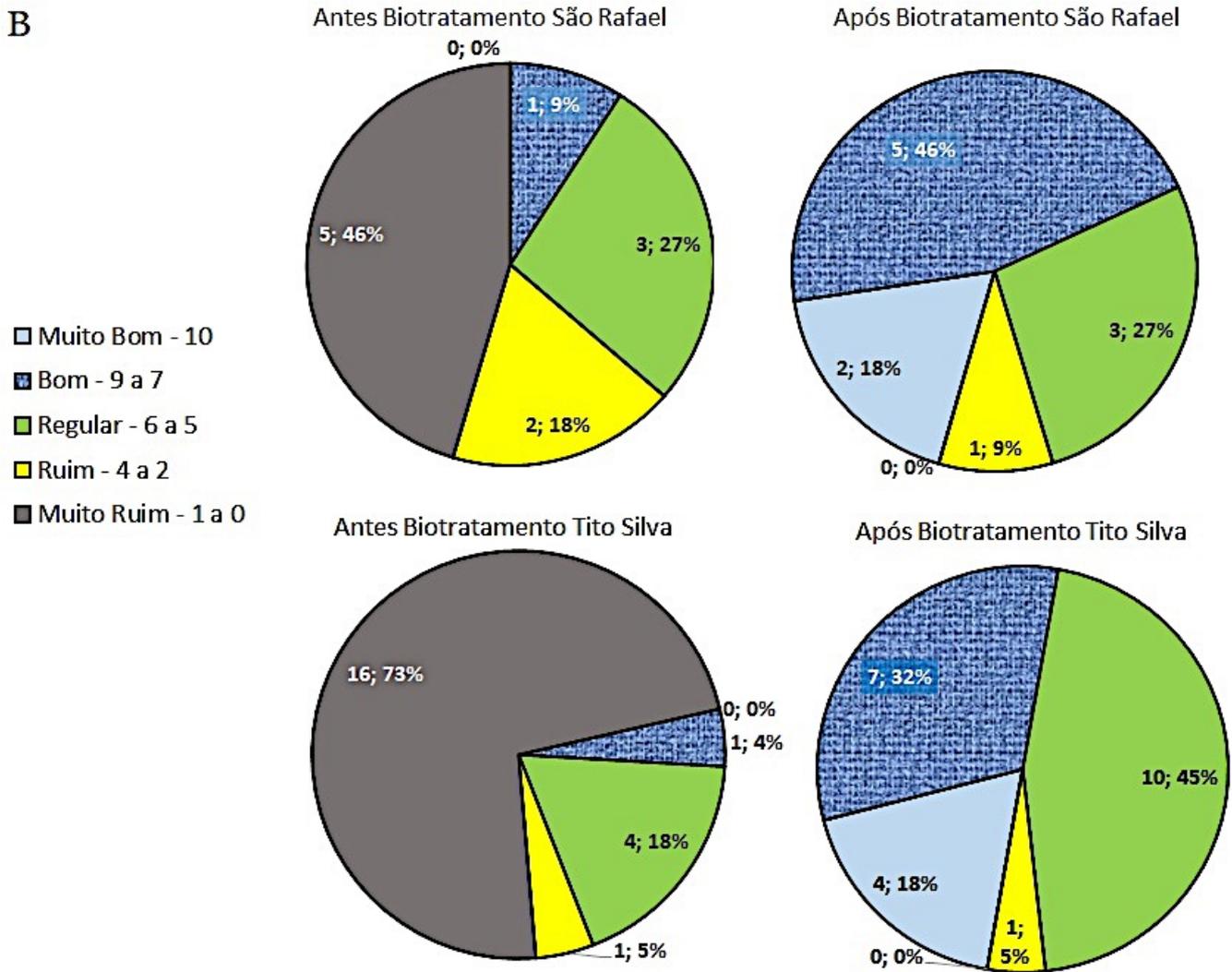
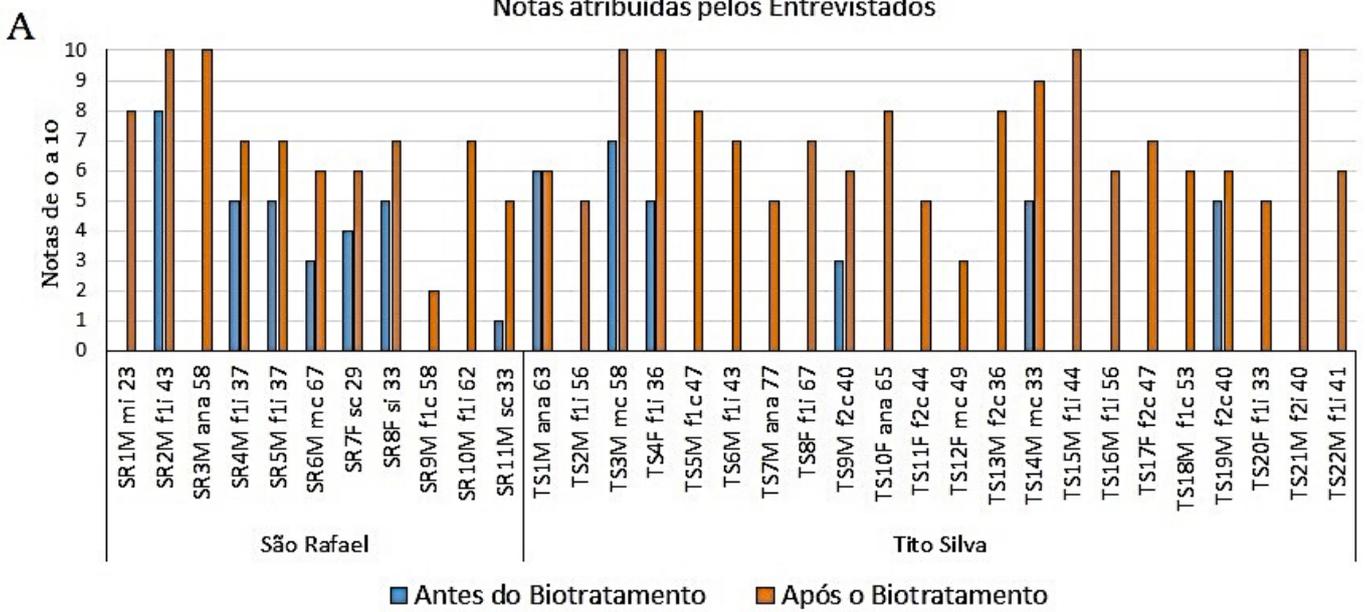


Figura 4. Notas atribuídas pelos entrevistados das comunidades ribeirinhas (São Rafael e Tito Silva) do rio Jaguaribe, João Pessoa-PB, antes e após o Biotratamento, entre os meses de agosto a novembro de 2019. (A) por cada entrevistado; (B) por categorias, de acordo com a nota atribuída. Fonte: Dados da Pesquisa.

Com relação às diferenças entre as notas atribuídas no antes e depois da intervenção da Biorremediação, tanto na São Rafael quanto na Tito Silva, os valores foram significativos ($W = 15$, $p = 0,002$; $W = 20,5$, $p = 0,001$, respectivamente), confirmando que os resultados dessa biorremediação puderam ser percebidos em pouco tempo após instaladas as estruturas de biorremediação, como demonstrado na Figura 5.

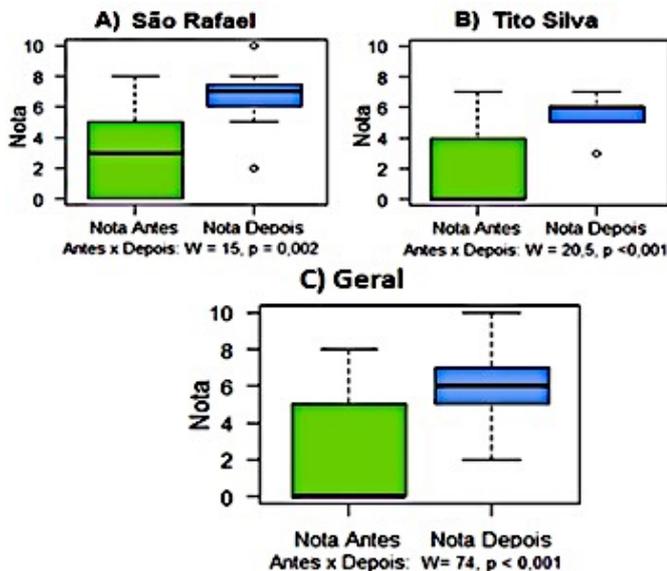


Figura 3. Teste de variância sobre as notas atribuídas ao Rio Jaguaribe, João Pessoa-PB, pelos entrevistados da São Rafael (A), Tito Silva (B) e notas geral (C), antes do Biotratamento e após o Biotratamento por perifiton e as respectivas variâncias entre os meses de agosto a novembro de 2019. Fonte: Dados da Pesquisa.

A respeito da nota sobre se os entrevistados aprovaram o experimento de biorremediação pelo perifiton, em ambas as comunidades, houve 100% de aprovação, querendo a continuidade da execução desse projeto. No entanto, sugeriram uma maior articulação com a associação dos moradores para que mais pessoas da comunidade se engajassem no mesmo. Isso corrobora com a pesquisa de SANTOS (2015), que ao entrevistar moradores ribeirinhos do Rio Capibaribe, em S. José da Mata em Pernambuco também verificou que os entrevistados se encontravam revoltados pela perda de qualidade de água do rio, estando em estado de degradação e desejando que houvesse projetos de revitalização do mesmo. Assim, confirma-se que os ribeirinhos, apesar de também contribuírem com a degradação dos rios, pelo lançamento de esgotos não tratados, gostariam de ver os rios com melhor qualidade, de forma a

garantir seus múltiplos usos, e melhorar a sua qualidade de vida.

Da mesma forma, populares, jornalistas, autoridades e especialistas também perceberam a poluição no Rio Poti, em Teresina-PI, Brasil, associada principalmente ao não tratamento adequado de esgoto, e perceberam como impacto a proliferação de aguapés e doenças (SILVA *et al.*, 2022). BRAZ *et al.* (2022), ao entrevistarem 110 alunos de ensino fundamental sobre os córregos urbanos, em Passos-MG, Brasil, verificaram que 66% dos alunos responderam que são sujos, 11% sem vida, 10% fétidos e 13% nunca repararam. Isso demonstra o impacto que as cidades causam aos ambientes aquáticos urbanos, mas que ainda assim, a maioria das pessoas, incluindo os jovens, percebem esses ecossistemas como muito impactados e gostariam de os ver em melhores condições ambientais.

Os entrevistados desta pesquisa perceberam, de forma positiva e significativa, as mudanças ocorridas no Rio Jaguaribe (João Pessoa-PB) após a implantação dos módulos de Biotratamento por perifiton, informando principalmente sobre a diminuição do mau cheiro, o aumento da transparência da água a jusante dos módulos e no aparecimento de mais peixes e outros animais no local, como galinhas de água e garças, o que não era visto há muito tempo pelos moradores. Essas informações confirmam a hipótese de que seria perceptível pelos ribeirinhos as mudanças ocorridas após a biorremediação.

De acordo com o relato da **TS15M fli 44**, “Com esse trabalho, tá melhorando muito o rio. Não tem gases malcheirosos mais não. Depois que colocou uns 15 dias. Aí eu disse... oxente! Alguma coisa eu tou sentido estranho, minha vizinha perguntou: Por quê? E eu disse que eu não tou sentindo mais o mal cheiro do rio. Aí a minha vizinha disse: homi, não é por causa desses troços que está aí? Foi rápido, quando começou a funcionar, foi ligeiro”.

Após dois meses da implantação do Biotratamento, **SR3M ana 58** diz “Apareceu a Galinha d’água, socó. Poucos acreditam porque não param pra olhar, mas a gente percebe que os animais, os pássaros estão vindo. Aquele mau-cheiro foi embora, aí acho que começou a sair mais insetos, mais peixes que o socó pesca, mais garça, tem dia aqui que tem dez a doze garça”. Já o **TS18M f1c 53**, que é pescador, disse “Eu vi

aproximação (de peixes), vi peixes, de várias espécies que eu percebi. Que mesmo sem estar pescando, mas como o rio está raso e limpou bastante, ninguém via o fundo do rio, e hoje podemos ver claramente quando a luz do sol bate, que tem várias qualidades de peixes. Hoje, com pastas, ou sem pastas, eu vejo mudanças. Hoje, com pastas, vejo mudanças. Antes com pastas, não tinha nenhuma mudança, não via nada que digamos de vida. Hoje a gente pode perceber as garças, que vem se alimentar, houve até uma qualidade de peixe até que não existia na época, daqueles peixes que chamam (tou vendo a tilápia,

o guaru, o quindunde, traíra ainda não vi), que não via nesta época... a curimatã, tem bastante. Eu até fiquei pasmo, eles se movimentando. E as pessoas tem vontade de pegar, mas pelo lado positivo, pelas pessoas reconhecerem que o rio é poluído, elas não se atrevem a pescar. Isso aumentou a reprodução de todos os peixes. Mas que nós temos que agradecer ao tratamento, né”. Já SR5M f1i 37 disse: “O peixe vê a água limpa, e ele vem atrás de comida. Ele vêm quando (o rio) está saudável, acho que eles percebem quando a água está saudável e dá pra ele”.

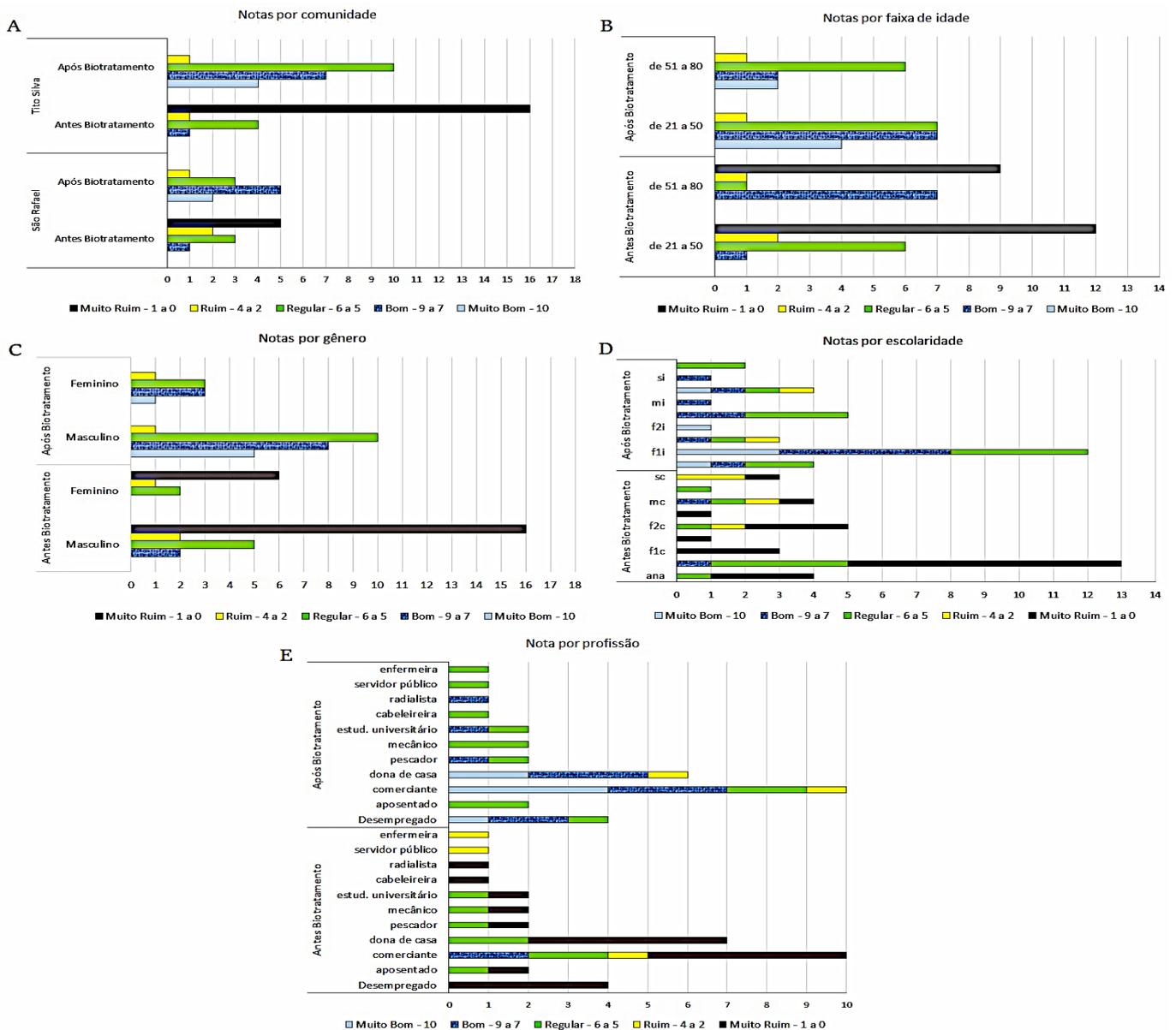


Figura 6. Notas atribuídas pelos entrevistados do rio Jaguaribe, João Pessoa-PB, antes e após o Biotratamento, entre os meses de agosto a novembro de 2019, por: (A) comunidades ribeirinhas; (B) por faixa de idade, (C) por gênero; (D) por escolaridade - o nível de escolaridade: “ana” (Analfabeto), “f1i” (Fundamental 1 incompleto), “f1c” (Fundamental 1 completo), “f2i” (Fundamental 2 incompleto), “f2c” (Fundamental 2 completo), “mi” (Médio incompleto), “mc” (Médio completo), “si” (Superior incompleto) e “sc” (Superior completo) e; (E) por profissão. Fonte: Dados da Pesquisa.

Analisando por categorias dos entrevistados (por gênero, escolaridade e profissão), verificou-se que o grau de percepção não teve relação direta com nenhuma das categorias, sendo algo mais pessoal mesmo, visto que se tem diferentes percepções, independente do gênero, da escolaridade e da profissão. Em todas as categorias, foi possível detectar que alguns entrevistados deram as notas mínimas e máximas, antes e após do Biotratamento, respectivamente, enquanto outros atribuíram notas mais centrais na escala (Figura 6), embora fosse possível verificar que todos, atribuíram sempre notas mais elevadas após a inserção do sistema de biorremediação.

Esses relatos corroboram os resultados de SOUZA *et al.* (2023) que avaliaram a qualidade da água do Rio Jaguaribe, em João Pessoa-PB, através da implantação do Biotratamento por perifiton no Rio Jaguaribe, cujos resultados foram significativos para o aumento de oxigênio dissolvido a jusante dos módulos, além da diminuição de Amônia, Nitrito, Sólidos Totais Dissolvido e da Condutividade Elétrica. Também corrobora com os resultados de MARINHO (2018) e CRISPIM *et al.* (2019), que detectaram melhoria da qualidade ecológica do Rio Cabelo, resultando em aumento da riqueza específica de peixes após a colocação de substratos artificiais, principalmente registrada no curso médio e na foz do Rio do Cabelo, com o aumento de 6 para 15 espécies de peixes.

Os entrevistados puderam perceber as mudanças a jusante dos módulos de biotratamento que começaram a ocorrer com 15 a 20 dias após a sua implantação. Isso demonstra a importância de se divulgarem e aplicarem métodos simples e de baixo custo, que podem trazer alterações benéficas para os rios urbanos, visto que a própria população ribeirinha pode construir e inserir este tipo de biotratamento com benefícios diretos para a despoluição dos ambientes aquáticos, com efeitos visíveis não apenas em parâmetros limnológicos, mas também da percepção dos moradores, que viram maior diversidade de animais como peixes e aves, e redução dos maus odores.

No entanto, não se deve descuidar do tratamento de esgotos domiciliares, que através de fossas ecológicas, como o TEvap e Círculos de Bananeiras, propostas pela permacultura para tratamento unidomiciliar (PAES, 2014), ou

TEWetlands (QUEIROGA, 2023), desenvolvidos pelo LABEA, para tratamento coletivo, se reduziria a quantidade de nutrientes que entram nos rios urbanos, reduzindo assim a sua degradação.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir com esta pesquisa, que o foco na percepção de comunidades ribeirinhas sobre um projeto de pesquisa que utilizou a biorremediação com perifiton, foi útil para chamar a atenção para os mesmos das mudanças ocorridas no rio, ao mesmo tempo em que mostrou que os mesmos podem ser participativos na gestão de rios urbanos, agindo de forma ativa na despoluição destes ambientes, visto que o sistema de biotratamento é simples e de baixo custo e estes poderão repeti-lo se quiserem.

Embora os efeitos do biotratamento a jusante dos módulos de Biotratamento tenham sido detectados no presente estudo, não se objetivou determinar por quantos metros a biorremediação por perifiton se mantém eficiente. Logo, é necessário mais investimento na continuidade de estudos como este para que mais módulos de Biotratamento possam estar presentes ao longo do Rio Jaguaribe, principalmente em locais críticos, como a passagem do rio pelas comunidades ribeirinhas. Com isso, contribuindo para que a depuração desse ambiente lótico possa ser mais eficiente, melhorando ainda mais a qualidade de sua água. Assim, acarretará em melhor qualidade socioambiental na zona urbana, melhorando também a chegada de águas menos poluídas ao mar.

Esta biotecnologia, associada ao engajamento da sociedade, pode ser estendida para outros rios urbanos de pequeno e médio porte no Brasil e em outras partes de mundo que estejam na mesma situação do Rio Jaguaribe, em João Pessoa-PB.

O sistema de biorremediação passou pouco tempo no ambiente, visto que com cerca de 60 dias dragas passaram limpando o rio e retiraram os módulos, dessa forma, há a necessidade de repetir o experimento, para avaliar se o efeito continuaria por mais tempo e se aumentaria ou não a sua eficácia.

Por outro lado, com o aumento do aquecimento global, uma das consequências nos ecossistemas aquáticos é a perda de oxigênio para a atmosfera, devido ao aumento da temperatura da água, que reduz a solubilidade do oxigênio, com isso fazem-se necessárias ações urgentes que aumentem a oxigenação da água, como por exemplo a biorremediação por indução do aumento da comunidade do biofilme, como realizado nesta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos moradores que participaram das entrevistas e às respectivas Associações de Moradores que favoreceram o contato com eles. Agradecemos ao PRODEMA e à UFPB, pelo desenvolvimento desta pesquisa e a quarta autora agradece à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, Portugal) e aos fundos nacionais FCT/MCTES (PIDDAC) pelo apoio financeiro ao CIMO (UIDB/00690/2020 e UIDP/00690/2020) e SusTEC (LA/P/0007/2020).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L. Q. 2010. *Vulnerabilidades Socioambientais de Rios Urbanos*. Tese de Doutorado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de Concentração em Organização do Espaço, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 278 p.
- ALVES, P. S. 2012. *Percepção ambiental como instrumento para ações educativas e políticas públicas: o caso do Pico do Jabre, Paraíba, Brasil*. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Paraíba, 84p.
- ARAÚJO, M.O.L.; MOURA, M.O.; SILVA, D.A.M.; SILVA, T.S.; SILVA, N.T. & CUNICO, C. 2019. Participação social para ações de redução de riscos de desastres na comunidade Tito Silva, João Pessoa – PB. *REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA*, 13(1): 45–55.
- BONIFÁCIO, K. M. & ABÍLIO, F. J. P. 2010. “O progresso vem, mas acaba coma natureza”: o rio Jaguaribe na visão dos moradores residentes no seu entorno, João Pessoa, PB. *REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado de Educação Ambiental*, 25: 303–314.
- BRAZ, M.G.; DUARTE, A.P. & BOTTINO, F. 2022. Rios urbanos: percebendo a importância por meio da educação ambiental. *Revbea*, 17(4):113-127,
- CHEN, W. 2019. Prioritizing urban rivers' ecosystem services: An importance-performance analysis. *Cities*, 94:11-23.
- CRISPIM, M.C.; ANTÃO-GERALDES, A.M.; OLIVEIRA, F.M.F.; MARINHO, R.S.; & MORAIS, M.M. 2019. Potencialidades da Implementação de Biorremediação na Reabilitação de rios: Dados Iniciais e Considerações, in: ROQUE, A.C.; PAULA, D.P.; DIAS, J.A.; CANCELA DA FONSECA, L.; RODRIGUES, M.A.C.; ALBUQUERQUE, M.G. & PEREIRA, S.D. *Saindo da zona de conforto: a interdisciplinaridade das zonas costeiras*, Rio de Janeiro: FGEL-UERJ (Tomo VIII da Rede BRASPOR), pp. 278-295.
- ESTEVES, F A. 2011. *Fundamentos de Limnologia*. 3ª edição. Interciência, Rio de Janeiro, RJ.
- FISHER, B.; TURNER, K. & MORLING, P. 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68(3): 643-653.
- HAINES-YOUNG, R. & POTSCHIN, M. 2017. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and guidance on the application of the revised structure Nottingham: Fabis Consulting. Disponível em: <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>.
- JÖBGEN, A.M.; PALM, A. & MELKONIAN M. 2004. Phosphorus removal from eutrophic lakes using periphyton on submerged artificial substrata. *Hydrobiologia*, 528:123–142.
- JUNQUEIRA, M.V. & CAMPOS, S.C.M. 1998. Adaptation of the “BMWP” method for water quality evaluation to rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brasil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 10(2):125-135.
- LUCENA, M.M.A. 2010. *Percepção Ambiental por uma comunidade rural do entorno de uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)*. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). PRODEMA, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 71p.
- MARINHO, R.S.A. 2018. *Biorremediação para o Melhoramento da Qualidade da Água em Rios Urbanos em João Pessoa – PB: efeitos na ictiofauna*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington, DC: Island Press. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>.
- NUNES, E.M. 2012. *Poluição industrial da bacia do rio Gramame e conflito socioambiental: análise da complexidade a partir dos atores, impactos e perspectivas*. Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, da Universidade Federal da Paraíba. 171p.
- OLIVEIRA, F.M.F. 2020. *Restauração de ecossistemas aquáticos a partir da biorremediação*. Tese de

doutorado apresentada à Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, João Pessoa-PB, 230p.

- PAES, W.M.; CRISPIM, M.C. & FURTADO, G.D. 2014. Uso de tecnologias ecológicas de saneamento básico para solução de conflitos socioambientais. *Gaia Scientia*, 8(1):226-247.
- PEREIRA, J.A.; FERT-NETO, J & CIPRANDI, O. 2006. Conhecimento local, uso e manejo do solo: um estudo de Etnopedologia no Planalto Sul Catarinense. *Revista Brasileira de Agroecologia*. 1(1):1713-1716.
- PEREIRA, P.S.; PEREIRA, A.M.B. & CASTRO, C.L.F. 2016. Percepção dos moradores sobre a poluição do rio Cariús, município de Farias Brito, Ceará. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 20(1):363-371.
- QUEIROGA, A. 2023. TEWetland: tecnologia desenvolvida na Paraíba promove tratamento mais eficiente de esgoto e reúso de água. Impacta Nordeste, Disponível em: <<https://impactanordeste.com.br/tewetland-tecnologia-desenvolvida-na-paraiba-promove-tratamento-mais-eficiente-de-esgoto-e-reuso-de-agua/>>, pesquisado em 25 de junho de 2024.
- RAMOS, G.T.P.F. 2005. *Influência de técnicas de biomanipulação na estrutura da comunidade zooplanctônica em um açude do semi-árido paraibano*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. Área de Zoologia. Universidade Federal da Paraíba.
- REIS, A.L.Q.; LIMA, E.R.V.; ANDRADE, M.O. & REIS, C.M.M. 2017. Avaliação do desempenho do índice de sustentabilidade pelo Dashboard Sustainability nas bacias hidrográficas dos rios Jaguaribe, Cabelo e Cuiá na cidade de João Pessoa (PB). *Gaia Scientia*, 11(2):177-202.
- SAMPIERI, R.H.; COLLADO, C.F. & LUCIO, M.P.B. 2013. *Metodologia de pesquisa*. 5.ed. Porto Alegre: AMGH e editora Penso, 624p.
- SANTOS, C.L.; WANDERLEY, L.S.; VITAL, S.R.O. & GIRÃO, O. 2015. Análise da suscetibilidade à ocorrência de enchentes e alagamento na bacia do alto/médio curso do Rio Jaguaribe, João Pessoa/PB, a partir de características morfométricas extraídas de dados SRTM. *Revista De Geociências Do Nordeste - REGNE*, 1(1):37-49.
- SANTOS, P.H.G. 2015. *A percepção ambiental em rios urbanos: o caso do Rio Capibaribe em São Lourenço da Mata-PE*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco.
- SILVA, T.S.; CÂNDIDO, G.A. & FREIRE, E.M.X. 2009. Conceitos, percepções e estratégias para conservação de uma estação ecológica da Caatinga nordestina por populações do seu entorno. *Sociedade & Natureza*, 2(21):23-37.
- SILVA, N.J.S.; MANTOVANO, T.; LANSAC-TÔHA, F.A & ROCHA, J.R.S. 2022. Percepção ambiental: a poluição em dois rios urbanos noticiada na mídia eletrônica. *Rev Agro Amb*, 15(4):e9362.
- SMITH, W.S.; SILVA, F.L. & BIAGIONI, R.C. 2019. Desassoreamento de rios: Quando o poder público ignora as causas, a biodiversidade e a ciência. *Ambiente e Sociedade*, 22:1-20.
- SOUZA, A.H.F.F.; MARINHO, R. S. & CRISPIM, M.C. 2023. Aplicação de biotratamento pelo perifiton na melhoria da qualidade de água do rio Jaguaribe. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 23(1):01-12.
- SOUZA, A.H.F.F.; CRISPIM, M.C. & OLIVEIRA, F.M.F. 2024. Qualidade da água e do sedimento do rio Jaguaribe utilizando-se os macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 24(1):59-78.
- SZLAUER-LUKASZEWSKA A. 2007. Succession of periphyton developing on artificial substrate immersed in polysaprobic wastewater reservoir. *Polish J. of Environ. Stud.* 16:753-762.
- XAVIER, C.D.L. & NISHIJIMA, T. 2010. Percepção Ambiental Junto Aos Moradores Do Entorno Do Arroio Tabuão No Bairro Esperança Em Panambi/RS. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental REGET-CT/UFMS*, 1(1):47-58.