

Avaliação ambiental da qualidade limnológica e de sedimentos em córrego do Centro Oeste do Brasil

Environmental assessment of limnological and sediment quality in a stream in the Central West Brazil

Evaluación ambiental de la calidad limnológica y de sedimentos en un arroyo en el Centro Oeste de Brasil

Recebido: 03/07/2020 | Revisado: 06/07/2020 | Aceito: 10/07/2020 | Publicado: 01/08/2020

Lucilene Finoto Viana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6654-0355>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: lucilenefinoto@hotmail.com

Giovana Torres Rosso

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1226-4321>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: giovana_rosso@hotmail.com

Sidnei Eduardo Lima-Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7906-9737>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: selimajunior@hotmail.com

Yzel Rondon Suárez

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1226-4321>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: yzelrondonsuarez@gmail.com

Julio César Jut Solórzano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9217-7836>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: julio.jut@gmail.com

Claudia Andrea Lima Cardoso

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4907-0056>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: claudia@uems.br; claudiacardosouems1@gmail.com

Resumo

O estudo teve como objetivo avaliar qualidade limnológica no córrego Curral de Arame, determinar concentrações de metais na água e nos sedimentos, avaliar se os tipos de uso e cobertura do solo interfere na qualidade aquática. Além de correlacionar o uso e a cobertura do solo em relação as concentrações de metais na água entre os períodos seco e chuvoso e investigar os potenciais riscos não-carcinogênicos de metais na água para a biota aquática. Os valores do pH, no período seco foram inferiores ao limite estabelecido pela legislação brasileira na porção média e baixa do córrego. O Fe na água ultrapassou o limite estabelecido pela resolução brasileira, nos quatro locais. As concentrações de metais nos sedimentos estavam dentro dos limites seguro para a vida aquática. O córrego Curral de Arame apresentou a vegetação ciliar reduzida em alguns locais, decorrente da expansão de atividades agrícolas. Constatamos, nos períodos seco e chuvoso, correlação negativa entre as proporções de agricultura e fragmentos florestais, mostrando quando há aumento de áreas agricultáveis ocorre o inverso a redução da cobertura vegetal nativa. No período chuvoso, houve correlação negativa e significativa, entre os fragmentos florestais em comparação ao Fe na água no córrego Curral de Arame, demonstrando quando há maiores aporte de vegetação reduz o carreamento de contaminantes no curso do sistema aquático. No córrego Curral de Arame, nos períodos seco e chuvoso, apresentou risco não-carcinogênica na água para a biota aquática em relação aos valores de Fe. Neste sentido, o córrego Curral de Arame está passando por algum tipo de estresse ambiental, principalmente devido a redução da cobertura vegetação nativa no entorno deste ambiente aquático.

Palavras-chave: Poluição; Ambiente aquático; Monitoramento; Integridade ambiental.

Abstract

The study aimed to evaluate limnological quality in the Curral de Arame stream, to determine concentrations of metals in water and sediments, to assess whether the types of land use and cover interfere in aquatic quality. In addition to correlating land use and cover in relation to the concentrations of metals in the water between the dry and rainy periods and to investigate the potential non-carcinogenic risks of metals in the water for aquatic biota. The pH values, in the dry period, were lower than the limit established by Brazilian legislation in the medium and low portion of the stream. Fe in water exceeded the limit established by the Brazilian resolution, in the four locations. Metal concentrations in sediments were within safe limits for aquatic life. The Curral de Arame stream showed reduced riparian vegetation in some places, due to the expansion of agricultural activities. We found, in the dry and rainy periods, a

negative correlation between the proportions of agriculture and forest fragments, showing when there is an increase in agricultural areas, the reverse occurs to the reduction of native vegetation cover. In the rainy season, there was a negative and significant correlation between forest fragments compared to Fe in the water in the Curral de Arame stream, demonstrating when there is greater supply of vegetation, which reduces the carrying of contaminants in the course of the aquatic system. In the Curral de Arame stream, in the dry and rainy periods, it presented a non-carcinogenic risk in the water for the aquatic biota in relation to the Fe values. In this sense, the Curral de Arame stream is experiencing some type of environmental stress, mainly due to the reduction of native vegetation cover around this aquatic environment.

Keywords. Pollution; Aquatic environment; Monitoring; Environmental integrity.

Resumen

El estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad limnológica en el arroyo Curral de Arame, para determinar las concentraciones de metales en el agua y los sedimentos, y evaluar si los tipos de uso de la tierra y la cobertura interfieren en la calidad acuática. Además de analizar la relación entre el uso y la cobertura del suelo con las concentraciones de metales en el agua entre los períodos seco y lluvioso, así poder identificar los posibles riesgos no cancerígenos de los metales en el agua para la biota acuática. Los valores de pH, en el período seco, fueron inferiores al límite establecido por la legislación brasileña en la porción media y baja de la corriente. Fe en el agua excedió el límite establecido por la resolución brasileña, en las cuatro ubicaciones. Las concentraciones de metales en los sedimentos estaban dentro de los límites seguros para la vida acuática. El arroyo Curral de Arame mostró una vegetación ribereña reducida en algunos lugares, debido a la expansión de las actividades agrícolas. Encontramos, en los períodos seco y lluvioso, los resultados muestran correlación negativa entre las proporciones de la agricultura y los fragmentos de bosque, que muestra que cuando hay un aumento en las áreas agrícolas, ocurre lo contrario a la reducción de la cobertura de vegetación nativa. En la temporada de lluvias, hubo una correlación negativa y significativa entre los fragmentos de bosque en comparación con el Fe en el agua en el arroyo Curral de Arame, lo que demuestra cuándo hay un mayor suministro de vegetación que reduce el transporte de contaminantes en el curso del sistema acuático. En el arroyo Curral de Arame, en los períodos seco y lluvioso, presentó un riesgo no cancerígeno en el agua para la biota acuática en relación con los valores de Fe. En este sentido, el arroyo Curral de Arame está

experimentando algún tipo de estrés ambiental, principalmente debido a la reducción cobertura de vegetación nativa alrededor de este ambiente acuático.

Palabras clave: Contaminación; Ambiente acuático; Supervisión; Integridad ambiental.

1. Introdução

Os ecossistemas aquáticos estão sujeitos a diversos tipos de poluentes, e a contaminação por metais têm tornado um dos grandes problemas ecológicos, principalmente devido a sua toxicidade (Silva et al., 2017). Os metais podem ser transportados para o ambiente aquático decorrentes de diferentes fontes antrópicas, principalmente de esgotos domésticos e industriais, descarte inadequado de lixo e do escoamento dos setores agrícolas, que demandam grandes áreas de lavouras, e vêm representando uma série ameaça aos recursos naturais (Burrell et al., 2014; Jindal; Verma, 2015; Cherubin et al., 2016). Desta maneira, a paisagem próxima aos rios e córregos vêm sendo modificada pela intensificação de atividades antrópicas, com a redução da cobertura vegetal nativa, que acaba comprometendo a retenção de contaminantes tóxicos, que são carreados com maior intensidade, principalmente durante a estação de chuvas, do ambiente terrestre para o ambiente aquático (Hess et al., 2014; Ruiz de Arcaute et al., 2016).

Neste contexto, o monitoramento em ambientes aquáticos com a avaliação da estrutura da paisagem circundante de corpos hídricos é fundamental para a compreensão da integridade ambiental, e também possibilita subsidiar projetos relacionados ao planejamento voltados para a recuperação de áreas degradadas (Teresa; Casatti 2017). E a investigação em conjunto de fatores abióticos de rios e córregos – água e sedimentos – é essencial para fornecer informações das condições ambientais atuais que a biota aquática está submetida, além de avaliar o risco de consumo de água e peixes contaminados para a saúde humana (Silva et al., 2017; Bonnail et al., 2017).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo (1) avaliar qualidade limnológica no córrego Curral de Arame, (2) determinar concentrações de metais na água e nos sedimentos, (3) avaliar se os tipos de uso e cobertura do solo interfere na qualidade aquática, (4) correlacionar os tipos de uso e cobertura do solo em relação as concentrações de metais na água entre os períodos seco e chuvoso, além de (5) investigar os potenciais riscos não-carcinogênicos de metais na água para a biota aquática.

2. Metodologia

Área de estudo

O estudo foi realizado no córrego Curral de Arame, afluente do Rio Dourados, localizado no Município de Dourados, Mato Grosso do Sul-MS. O rio Dourados nasce no município de Antônio João, a aproximadamente 700m de altitude, percorre aproximadamente 370km até desaguar no rio Brilhante. A cidade de Dourados é a maior entre aquelas que ocorrem total ou parcialmente dentro desta bacia, com aproximadamente 215 mil habitantes e a base da economia da região é a agricultura e a pecuária (Gonçalves et al., 2010; Paula et al., 2013). A bacia do rio Dourados é caracterizada nas suas proximidades por várias atividades agroindustriais, que acabam gerando contaminantes que são escoados para o ambiente aquático (Dourado et al., 2016).

Coleta e análise dos dados

As amostras de água e de sedimentos foram coletadas no período seco (Abril e Junho de 2012) e no chuvoso entre (outubro e dezembro de 2011 e fevereiro de 2012) em quatro pontos de coleta, visando investigar todo curso do córrego Curral de Arame. Os pontos estão localizados principalmente em áreas rurais. O ponto 1 está localizado na nascente do córrego, o ponto 2 na porção média, o ponto 3 no curso baixo do córrego e o ponto 4 na foz, onde o córrego deságua no Rio Dourados (Figura 1). A metodologia aplicada neste estudo foi quantitativa.

Parâmetros limnológicos: Para análise das condições limnológicas *in situ* foram mensurados os parâmetros por meio de uma sonda multiparâmetro YSI Professional Plus: condutividade elétrica da água ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), pH e temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

Metais na água: As amostras de água foram coletadas utilizados recipientes de 500 mL de polietileno, acondicionadas em gelo e transportadas até o laboratório. Onde foram retirados 10 mL de cada amostra, adicionando-se 10 mL de ácido nítrico P.A. e 2,5 mL de HCL_4 concentrado deixando reagir por 24horas. Logo após este período as amostras foram levadas ao aquecimento em chapa a 600°C até próximo à secura. Posteriormente foi resfriada, redissolvida em 3 mL de água ultrapurificada (Human UP 900/Scholar-UV), adiciona-se 1

mL de HCl concentrado e o volume é completado com água ultrapurificada em balão volumétrico de 5 mL (Clesceri et al., 1996). As amostras foram filtradas e transferidas para frascos de polietileno para a realização das leituras.

Metais nos sedimentos: O sedimento do córrego de cada local foi coletado com auxílio de uma draga, armazenado em sacos plásticos previamente descontaminados, e mantido sob temperatura de refrigeração (-4°C). As amostras foram secas em estufa a 100°C por 2 horas, a fim de evitar o arraste dos metais pelo vapor de água. Em seguida, as amostras foram peneiradas e somente a fração < 53 µm foi utilizada para o tratamento químico de extração. Pesou-se cerca de 4 g de cada amostra em triplicata, adicionando-se 20 mL de de uma solução concentrada de HNO₃(1:1 v\v), mantendo em chapa de aquecimento a 100 °C (Bloco Digestor Tecnal modelo TE-040/25), por 20 minutos sob 18 refluxo. Logo após, resfriou-se a amostra, adicionou-se 10 mL de HNO₃ concentrado e retornou-se a chapa de aquecimento a 100 °C, por 30 minutos sob refluxo, até desprendimento de toda a fumaça (processo repetido três vezes). Na terceira adição de 10 mL de HNO₃ concentrado deixou-se o mesmo por duas horas na chapa de aquecimento sob refluxo. Passadas então as duas horas, resfriou-se o sistema e adicionou-se 4 mL de água destilada e 6 mL de H₂O₂ 30%, levando ao aquecimento e deixando que a efervescência minimizasse sob refluxo. Resfriou-se novamente, adicionou-se mais 4 mL de H₂O₂ 30% e retornou o sistema para a chapa de aquecimento a 100 °C, deixando por duas horas sob refluxo, resfriou-se o sistema novamente, adicionou-se 20 mL de HCl concentrado e retornou-se o erlenmeyer para a chapa de aquecimento a mesma temperatura por mais 15 minutos sob refluxo (Clesceri et al., 1996). Logo após, as amostras foram filtradas e o seu volume elevado para 5 mL em balão volumétrico e transferidas para frascos de vidros para a realização das leituras. Tanto para as análises de água e sedimentos as amostras foram avaliadas em réplicas, incluindo as amostras branco, assim todas as amostras foram submetidas analisadas no Espectrofotômetro de Absorção Atômica (Shimadzu, modelo AA7000) com atomização em chama, para estimar a concentrações de Cu, Fe, Zn e Ni. As condições experimentais de análises para cada metal estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Condições utilizadas para as medidas de absorção atômica na determinação dos metais e o coeficiente de determinação obtido pelo método de padrão externo.

Elemento	Faixa linear (mg L ⁻¹)	λ (nm)	Coeficiente de determinação (R ²)
Cu	0,2 – 6,0	324,7	0,9994
Fe	0,2 – 9,0	248,3	0,9996
Zn	0,1 – 6,0	213,9	0,9992
Ni	0,2 – 8,0	232,0	0,9992

Fonte: Autores.

Uso do solo: O mapeamento do uso e cobertura do solo dos pontos no córrego Currel de Arame foi realizado a partir de imagens aéreas de alta resolução (anos 2011 and 2012) disponibilizadas pelo Google Earth ProTM, com resolução de 1 metro (DigitalGlobe, 2017). Para limite de estudo foram gerados buffers de 1km de raio no entorno de cada ponto amostral e as formas de uso do solo foram classificadas como fragmentos florestais, agricultura, corpos de água e edificações, categorias definidas pelo (IBGE, 2013). Para interpretação das imagens foi utilizada uma classificação não supervisionada (Clustering) utilizando as ferramentas de classificações proporcionadas pelo programa ArcGISTM, versão Trial 10.3 (ESRI, 2017), calculando-se as áreas e as porcentagens de cada categoria de ocupação do solo, com base nas áreas dos buffers.

Avaliação de risco não-carcinogênica para a biota aquática: Para avaliação de risco não-carcinogênica para a biota aquática foi utilizado o cálculo do valor do metal individual detectado na água dos quatro pontos do córrego Currel de Arame, dividido pelo limite considerado seguro para água doce de Classe 2, de acordo com a legislação brasileira CONAMA (357/2005). Valores <1 indica que os metais presentes e biodisponíveis na água do córrego pode causar risco para a saúde da biota aquática.

Análise estatística

Os parâmetros físico-químicos da água foram comparados com base na legislação ambiental brasileira CONAMA Resolução 357/2005 e CETESB (2018). Os metais na água foram relacionados com a diretriz brasileira CONAMA 357/2005 e nos sedimentos foram

avaliados de acordo com a Resolução CONAMA 454/2012. Foi aplicado a correlação de Spearman entre os tipos de uso do solo em relação a concentração de metal quantificado no período de seca e chuvoso na água no córrego Curral de Arame. Os testes foram realizados usando a plataforma R (R Core Team, 2019).

3. Resultados e Discussão

A concentração de O₂ e a temperatura apresentaram valores dentro dos limites estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para água de Classe 2, nos quatro locais no córrego Curral de Arame e nos dois períodos de coleta seca e chuvoso. Os valores do pH, foram inferiores ao limite estabelecido pela legislação citada anteriormente nos pontos 2, 3 e 4 no período seco (Tabela 2), com exceção do ponto 1, que apresentou limites dentro do estabelecido pela legislação vigente. Para condutividade elétrica da água estava de acordo com a legislação Cetesb (2018).

Tabela 2. Valores dos parâmetros limnológicos (média ± desvio padrão) no período de seca e chuvoso no córrego Curral de Arame no Município de Dourados, Mato Grosso do Sul.

Períodos	Pontos	Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	O ₂ (mg)	Temperatura (C°)
Seco	1	39,40±4,80	6,17±0,17	6,34±234	21,15±2,61
	2	33,45±8,69	5,71±0,04	6,82±1,66	17,10±4,10
	3	38,95±0,77	5,61±0,01	6,34±0,92	19,20±3,95
	4	35,30±5,23	5,54±0,17	7,29±0,99	17,50±2,12
Chuvoso	1	47,76±4,53	7,00±1,00	7,40±0,34	22,00±3,46
	2	53,80±6,54	6,64±1,17	8,02±1,00	22,00±3,46
	3	48,35±7,50	6,25±1,00	6,84±0,29	24,33±2,51
	4	52,70±7,59	6,36±1,12	7,55±0,39	23,33±2,08
Conama (357/05)		<100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ *	6,0 a 9,0	= ou > 5,0	-----

Valores referentes a corpos hídricos de Classe 2 de acordo com a resolução nº 357/2005 do CONAMA e CETESB (2018)*. Em negrito valores fora do limite estabelecido pela legislação Conama (2005).

Portanto, durante o período seco há menor fluxo na água dos córregos, e estas condições dificultam a dispersão de contaminantes na água, favorecendo a queda do pH. Supostamente, como a área de estudo está localizada principalmente em áreas rurais, possivelmente este baixo valor do pH esteja relacionado aos diferentes tipos de fertilizantes e produtos químicos que são utilizados no cultivo de lavouras, nas proximidades da área de estudo. Sendo que, o uso de pesticidas é útil para agricultura, eventualmente seu destino final acaba sendo nos ambientes aquáticos, podendo causar sérios danos para a saúde dos organismos aquáticos, principalmente por não ser facilmente biodegradável e por não ter alvos específicos (Zabaloy; Gómez, 2014; Islam et al., 2018). Um resultado que reforça esta hipótese é a paulatina redução do pH da nascente à foz do córrego Curral de Arame dos pontos 1 ao 4, sendo assim o ponto com maior cobertura de mata nativa foi o ponto 1, e apresentou água com pH levemente ácido, mas dentro dos limites considerados aceitáveis, contudo, ao longo do curso

do córrego o pH apresenta queda, principalmente no período de seca. Assim, resíduos de contaminantes podem ser transportados para os ecossistemas aquáticos, por meio da pulverização aérea, podendo ser transportados pelo vento, ou escoamento superficial após as aplicações nas plantações, comprometendo a qualidade ambiental e a biota aquática (Albuquerque et al., 2016; Ardeshir et al., 2017). Para os metais analisados na água, o Zn e o Cu estavam dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA (357/2005), para todos os pontos e os períodos (Tabela 3).

Tabela 3. Concentração de metais na água (mg L^{-1}) (média \pm desvio padrão) no período de seca e chuvoso no córrego Curral de Arame.

Períodos	Pontos	Fe	Zn	Cu
Seco	1	1,185 \pm 0,007*	0,064 \pm 0,007	0,004 \pm 0,000
	2	1,210 \pm 0,014*	0,065 \pm 0,001	0,004 \pm 0,000
	3	1,235 \pm 0,007*	0,066 \pm 0,000	0,005 \pm 0,000
	4	1,235 \pm 0,007*	0,066 \pm 0,000	0,004 \pm 0,000
Chuvoso	1	1,210 \pm 0,010*	0,062 \pm 0,000	0,000 \pm 0,000
	2	1,236 \pm 0,005*	0,065 \pm 0,001	0,004 \pm 0,000
	3	1,230 \pm 0,000*	0,065 \pm 0,000	0,005 \pm 0,000
	4	1,206 \pm 0,005*	0,065 \pm 0,000	0,004 \pm 0,000
CONAMA (357/2005)		0,30	0,18	0,009

*Valores acima dos limites estabelecidos pela legislação brasileira (CONAMA, 2005).

As concentrações de Fe, ultrapassaram os limites estabelecidos pelas legislações citadas anteriormente em todas as amostras obtidas da nascente até a foz do córrego Curral de Arame onde irá desaguar no Rio Dourados, sendo utilizada como fonte de abastecimento na região urbana de Dourados (Tabela 3). O enriquecimento de Fe no ambiente aquático geralmente está associado à contaminação decorrente de efluentes industriais ou domésticos próximos aos corpos hídricos (Bonnail et al., 2017). E mesmo considerando que o Fe é um elemento essencial no metabolismo celular, em níveis elevados esse elemento pode causar toxicidade, persistência e a bioacumulação na biota aquática, podendo ser transferida para a cadeia trófica (Driessnack et al., 2017; Gárriz et al., 2018).

No entanto, cabe ressaltar que o solo mais frequente na região de Dourados é o latossolos vermelhos distroféricos, que usualmente possui elevado teor de óxido de ferro

(Amaral et al., 2000). Desta forma, podemos ter um efeito sinérgico entre as características inerentes ao tipo de solo e o efeito do crescimento urbano e de atividades agrícolas alterando a qualidade da água de rios e córregos, com o aumento de concentrações de metais podendo causar toxicidade para a biota aquática (Dourado et al., 2016; Garcia et al., 2017).

Com relação aos metais analisados nos sedimentos, Zn, Cu e Ni estavam dentro dos limites aceitáveis estabelecidos para corpos d'água de nível I (que define o menor nível de efeitos adversos para a biota) pela Resolução CONAMA nº 454/2012 (Tabela 4). Para o Fe não tem limite estabelecido pela resolução citada anteriormente.

Tabela 4. Concentração de metais no sedimento (mg/kg^{-1}) no período de seca e chuvoso no córrego Curral de Arame.

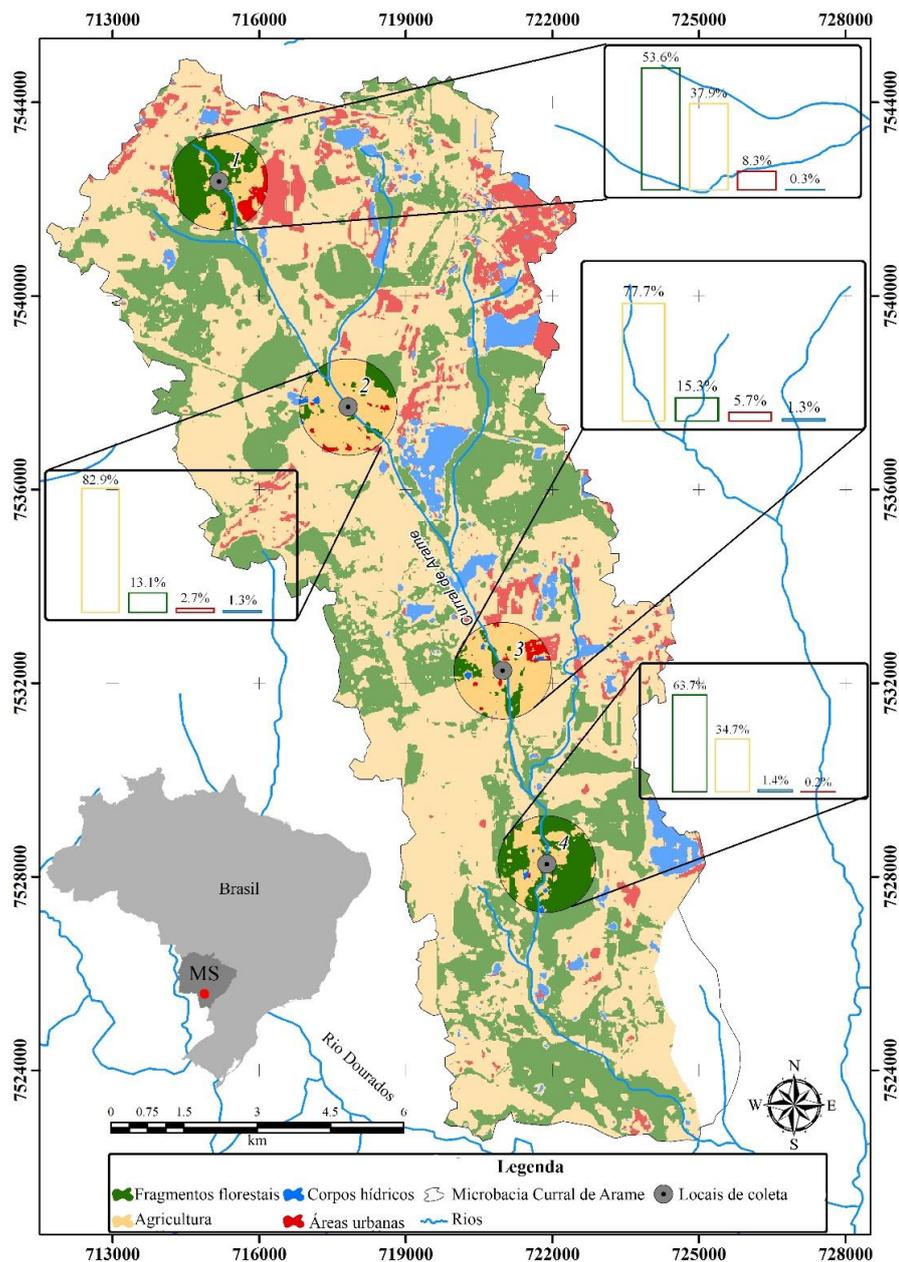
Períodos	Pontos	Fe	Zn	Cu	Ni
Seco	1	594,825±0,035	25,725±0,035	6,225±0,035	3,200±0,000
	2	594,400±0,141	26,025±0,106	6,100±0,000	3,175±0,035
	3	594,025±0,176	26,150±0,000	6,100±0,000	3,100±0,000
	4	593,725±1,025	25,750±0,070	6,000±0,000	3,075±0,035
Chuvoso	1	593,583±4,439	25,533±0,175	6,200±0,000	3,150±0,132
	2	596,133±4,041	24,233±2,454	6,066±0,076	3,116±0,076
	3	595,583±1,313	24,933±3,092	6,183±0,104	3,033±0,057
	4	594,966±1,677	24,150±3,377	6,166±0,057	3,050±0,050
Conama (454/12)		—	123	35,7	18

Fonte: Autores.

Neste sentido, os sedimentos, são considerados grandes depósitos de metais, oriundos de atividades antrópicas, podendo bioacumular e causar toxicidade para a biota aquática, principalmente se ficam ali aderidos ou se alimentam destes sedimentos contaminados (Reis et al., 2017)

No córrego Curral de Arame ficou evidente que grande parte de sua área está ocupada por atividades antrópicas, principalmente na porção média e baixa, nos pontos 2 e 3, com o predomínio da agricultura e a redução da cobertura vegetal nativa (Figura 1).

Figura 1. Localização e uso e cobertura do solo no córrego Curral de Arame no Município de Dourados, Mato Grosso do Sul. Mapa: Julio César Jut Solórzano.



Fonte: Autores.

No ponto 1, onde está localizada a nascente do córrego, há 53,6% de fragmentos florestais, 37,9% de agricultura e 8,3% de áreas edificadas. No ponto 2 (porção média)

observamos maior proporção de área agrícola (82,9%), seguido por fragmentos florestais (13,1%) e áreas edificadas (2,7%). O ponto 3, localizado na porção do baixo curso do córrego, também apresentou maior ocupação por agricultura (77,7%), seguido por fragmentos florestais (15,3%) e com 5,7% de áreas edificadas. O ponto 4, localizado na foz do córrego, apresentou 63,7% de fragmentos florestais, 34,7% de agricultura e menor proporção de áreas edificadas, com 0,2% (Figura 1).

Deste modo, a redução e a alteração da paisagem próximo aos corpos hídricos pode afetar a integridade ambiental, pois a vegetação ciliar tem a função regular a temperatura através do sombreamento e controlar a entrada de contaminantes e sedimentos nos corpos hídricos (Lorion; Kennedy, 2009; Gonçalves et al., 2018). Sendo que, uma das grandes consequências do desmatamento da mata densa é o desequilíbrio ambiental, o impacto imediato sobre a segurança da vida aquática (Zeni et al., 2019). A redução da cobertura vegetal nativa no entorno do córrego Curral de Arame, pode estar facilitando ao transporte de elementos químicos, corroborando os resultados de elevados valores de Fe na água deste ambiente aquático.

Em relação à correlação entre os tipos de uso e cobertura do solo e os metais quantificados na água do córrego Curral de Arame, observamos que tanto para os períodos seco e chuvoso, ocorreu correlação negativa significativa ($p < 0,05$), entre as proporções de agricultura e fragmentos florestais, inferindo que com o aumento da agricultura, principalmente, nas proximidades do córrego Curral de Arame ocorre a redução da cobertura vegetação ciliar, formando apenas mosaicos e uma estreita faixa de vegetação nativa (Figura 2).

Figura 2. Coeficientes de correlação de Spearman (r), e asteriscos representa correlações significativas ($p < 0,05$), entre os tipos de uso do solo em relação a concentração de metal quantificado no período de seca e chuvoso na água no córrego Curral de Arame.

Correlação período chuvoso

Correlação período seco	Agricultura	0,011	-0,99 ^{**}	0,97 [*]	0,53	0,59
	0,011	Edificações	-0,13	0,25	-0,77	-0,63
	-0,99 ^{**}	-0,13	Fragmentos florestais	-0,99 ^{**}	-0,44	-0,52
	0,29	-0,69	-0,21	Fe	0,33	0,43
	0,21	0,31	-0,23	-0,76	Zn	0,98 [*]
	0,51	0,28	-0,54	0,49	-0,57	Cu

Fonte: Autores.

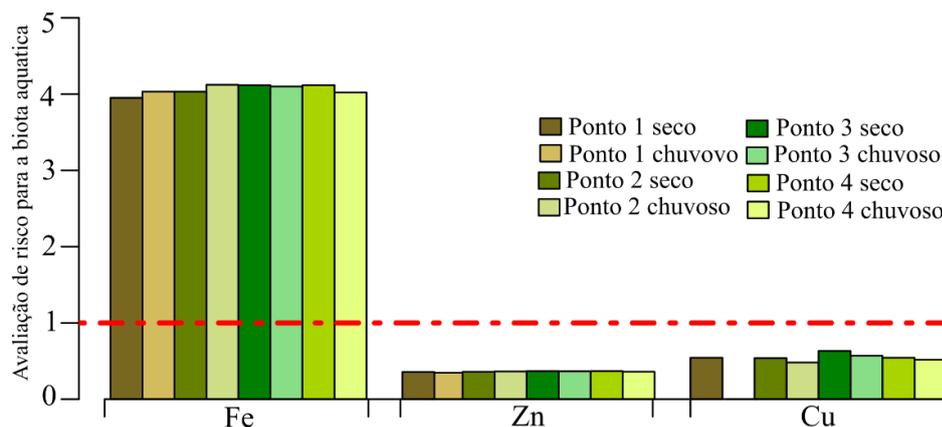
No período chuvoso, constatamos que a agricultura e as proporções de Fe foram positivamente correlacionadas ($p < 0,05$), indicando maiores proporções de Fe em áreas agricultáveis (Figura 2). De fato, com a redução de vegetação no entorno dos córregos e rios em períodos de pluviosidade acarreta a contaminação para o curso do ambiente aquático. Este resultado também sugere que a maior concentração de Fe na água seja principalmente resultado da lixiviação do solo que foi exposto pela agricultura. Desta forma, a biota aquática está constantemente exposta a diversos contaminantes sendo gravemente afetadas pelos resíduos agrícolas, principalmente durante a estação de chuvas, em que os compostos químicos são escoados com maior intensidade para o ambiente aquático (Hess et al., 2014). Zeni et al. (2019) relataram em seu estudo que as florestas nativas pertencendo a bacia do Alto rio Paraná vêm sendo substituídas por vários tipos de cultivos, por fim acaba impulsionando impactos severos com as mudanças do uso do solo, além do uso fertilizantes no preparo da terra e de pesticidas para a manutenção das lavouras. Sendo que, as florestas nativas desempenham papel importante e vital para o equilíbrio e os processos ecológicos nos ecossistemas aquáticos (Jackson et al., 2015).

Por outro lado, no período chuvoso os fragmentos florestais apresentaram correlação negativa significativa ($p < 0,05$), com as concentrações de Fe na água do córrego Curral de Arame (Figura 2). Inferindo que, quanto maior a cobertura vegetal no entorno dos córregos

menores serão as concentrações de Fe no leito do córrego Curral de Arame. Sendo que, a vegetação ciliar tem função reguladora para manter a qualidade da água, além de, atuar como filtro natural, como uma barreira física para mitigar a entrada de sedimentos e de contaminantes no curso de rios e córregos (Zeni et al., 2019). O Zn e o Cu apresentaram correlação positivamente significativa ($p < 0,05$), sugerindo que eles possuem afinidades em relação as suas concentrações na água do córrego Curral de Arame (Figura 2).

Para a avaliação de risco não-carcinogênica para a biota aquática na água do córrego Curral de Arame, constatamos que os valores de Fe foram superiores que 1, para todos os pontos e entre os períodos de seca e chuvoso, indicando risco para a saúde da fauna aquática (Figura 3).

Figura 3. Avaliação de risco não-carcinogênico para a biota aquática no córrego Curral de Arame no Município de Dourados, Mato Grosso do Sul.



Fonte: Autores.

Importante salientar, que por mais que o Fe seja considerado um elemento essencial para as funções biológicas dos organismos, por outro lado, seu excesso disponível na água do córrego Curral de Arame pode acarretar sérios danos na vida aquática, principalmente pelo seu potencial de bioacumulação (Maurya et al., 2019). Além de, poder provocar riscos da ingestão desta água com elevados valores de Fe, por animais domésticos e silvestres. Os valores de Zn e Cu foram inferiores a 1, demonstrando limites adequados no ambiente aquático (Figura 3), assim podemos inferir que não causa danos para a biota aquática, sendo dose segura para o sistema biológico.

4. Considerações Finais

Neste contexto, o córrego Curral de Arame está passando por algum tipo de perturbação ambiental, com a queda do pH nos pontos 2, 3 e 4 na porção média e baixa, no período seco, além do aumento de concentração de Fe na água nos quatro pontos nos dois períodos seco e chuvoso. As concentrações de metais nos sedimentos estavam dentro dos limites seguro para a vida aquática. O córrego Curral de Arame apresentou em seu entorno a vegetação ciliar reduzida principalmente nos pontos 2 e 3, na porção média e baixa, decorrente da expansão de atividades agrícolas. Há uma correlação negativa entre as proporções de agricultura e fragmentos florestais no córrego Curral de Arame, para os períodos seco e chuvoso, demonstrando quando há aumento de áreas agricultáveis ocorre o inverso a redução da cobertura vegetal nativa. Também ocorreu, correlação positiva e significativa no período chuvoso, entre agricultura e as proporções de Fe, indicando maiores proporções de Fe em áreas agricultáveis. A correlação foi negativa e significativa, no período chuvoso entre os fragmentos florestais em comparação ao Fe na água no córrego Curral de Arame. A avaliação de risco não-carcinogênica na água para a biota aquática para os valores de Fe, nos pontos e nos períodos de coleta. Neste sentido, o córrego Curral de Arame está passando por algum tipo de distúrbio ambiental, podendo ser reflexo da redução da cobertura vegetal nativa e subsequente o desequilíbrio na perda da qualidade da água e na estrutura do funcionamento do sistema, podendo afetar toda a vida aquática. Neste contexto, há necessidade de projetos de monitoramento para manutenção e restauração da qualidade ambiental nesta área de estudo.

Agradecimentos

Ao suporte da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT). Financiadora de Inovação e Pesquisas (FINEP). Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) código 001 para GTR e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para CALC (número de concessão 311975/2018-6). E a primeira autora agradece a concessão da bolsa do CNPq.

Referências

- Albuquerque, A. F., Ribeiro, J. S., Kummrow, F., Nogueira, A. J. A., Montagner, C. C., & Umbuzeiro, G. A. (2016). Pesticides in Brazilian freshwaters: a critical review. *Environ Sci: Processes Impacts*, 18, 779-787.
- Amaral, J. A. M., Morchi, E. P., Oliveira, H., Carvalho Filho, A., Naime, U. J., & Santos, R. D. (2000). Levantamento semidetalhado dos solos do campo experimental de Dourados, da Embrapa Agropecuária Oeste, Município de Dourados, MS. 33. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/243690/1/CPAODOC.2200.pdf>.
- Ardeshir, R. A., Zolgharnein, H., Movahedinia, A., Salamat, N., & Zabihi, E. (2017). Comparison of waterborne and intraperitoneal exposure to fipronil in the Caspian white fish (*Rutilus frisii*) on acute toxicity and histopathology. *Toxicology Reports*, 4, 348-357.
- Bonnail, E., Buruaem, L. M., Morais, L. G., Abessa, D. M. S., Sarmiento, A. M., & DelValls, T. Á. (2017). Metal contamination and fractionation in sediments from the lower basin of the Vale do Ribeira (SE, Brazil). *Environ Monit Assess*, 18(6), 189-245. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5971-x>.
- Burrell, T. K., O'Brien, J. M., Graham, S. E., Simon, K. S., Harding, J., & McIntosh, A. R. (2014). Riparian shading mitigates stream eutrophication in agricultural catchments. *Freshwater Sci*, 33(1):73-84. <https://doi.org/10.1086/674180>.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (2010). Relatório da qualidade das praias litorâneas do Estado de São Paulo. São Paulo, 160 p.
- CONAMA. (2005). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n 357. Diário Oficial da União de 17 de Março de 2005. Recuperado de <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Accessed 20 June 2020.
- CONAMA. (2012). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 454 de 1° de novembro de 2012. Resource document. Ministério do Meio Ambiente. (in portuguese). Recuperado de <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/>

2012/res_conama_4542012_materiaisdragadoemaguasjurisdicionaisbrasileiras.pdf. Accessed 18 June 2020.

Cherubin, M. R., Franco, A. L. C., Cerri, C. E. P., Karlen, D. L., Pavinato, O. S., Rodrigues, M., Davies, C. A., & Cerri, C. C. (2016). Phosphorus pools responses to land-use change for sugarcane expansion in weathered Brazilian soils. *Geoderma*, 265, 27-38. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.11.017>.

Clesceri, L. S., Eaton, A. D., Greenberg, A. E., & Frason, M. A. (1996). Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. Supplement. Washington, DC. 43p.

Dourado, P. L., Rocha, M. P., Roveda, L. M., Raposo, J. L., Junio, Cândido, L. S., Cardoso, C. A., Morales, M. A., Oliveira, K. M., & Grisolia, A. B. (2016). Genotoxic and mutagenic effects of polluted surface water in the midwestern region of Brazil using animal and plant bioassays. *Genet Mol Biol*, 40(1),123-133. <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2015-0223>.

Driessnack, M. K., & Jamwal Niyogi, S. (2017). Effects of chronic waterborne cadmium and zinc interactions on tissue specific metal accumulation and reproduction in fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 140, 65-75. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.02.023>.

Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2017). ArcGIS test GIS for the desktop, versão 10.3. Maps throughout this article were created using ArcGIS® software by Esri trial version. ArcGIS® and ArcMap™ are the intellectual property of Esri Copyright © Esri. All rights reserved. For more information about Esri® software, please visit www.esri.com.

Gárriz, Á., Del Fresno, P. S., Carriquiriborde, P., & Miranda, L. A. (2018). Effects of heavy metals identified in Chascomús shallow lake on the endocrine- reproductive axis of pejerrey fish (*Odontesthes bonariensis*). *Gen Comp Endocrinol*, S0016-6480(17), 30874-2. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.06.013>.

Garcia, A. L. H., Matzenbacher, C. A., Santos, M. S., Prado, L., Picada, J. N., Premoli, S. M., Correa, D. S., Niekraszewicz, L., Dias, J. F., Grivicich, I., & Silva, J. (2017). Genotoxicity

induced by water and sediment samples from a river under the influence of brewery effluent. *Chemosphere*, 169, 239-248. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.081>.

Gonçalves, G. G., Daniel, O., Comunello, É., Arai, F. K., & Vitorino, A. C. T.. (2010). Evolução do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio Dourados-MS, Brasil. *Caminhos de Geografia*, 11(36), 366-374.

Gonçalves, C. S., Souza, Braga, F. M., & Casatti, L. (2018). Trophic structure of coastal freshwater stream fishes from an Atlantic rainforest: evidence of the importance of protected and forest-covered areas to fish diet. *Environmental Biology of Fishes*, 101(6), 933-948. <https://doi.org/10.1007/s10641-018-0749-8>.

Hess, T., Aldaya, M., Fawell, J., Franceschini, H., Ober, E., Schaub, R., & Schulze-Aurich, C. (2014). Understanding the impact of crop and food production on the water environment--using sugar as a model. *J Sci Food Agric*, 94, 2-8.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2013). Recuperado de http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm. Acessado em 22 de Março de 2020.

Islam, F., Wang, J., Farooq, M. A., Khan, M. S. S., Xu, L., Zhu, J., Zhao, M., Muñoz, S., Li, Q. X., & Zhou, W.. (2018). Potential impact of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on human and ecosystems. *Environ Int*, 111, 332-35.

Jackson, C. R., Leigh, D. S., Scarbrough, S. L., & Chamblee, J. F. (2015). Herbaceous versus forested riparian vegetation: Narrow and simple versus wide, woody and diverse stream habitat. *River Research and Applications*, 31, 847-857. <https://doi.org/10.1002/rra.2783>.

Jindal, R., & Verma, S. (2015). In vivo genotoxicity and cytotoxicity assessment of cadmium chloride in peripheral erythrocytes of *Labeo rohita* (Hamilton). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 118,1-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.04.005>.

Lorion, C. M., & Kennedy, B. P. (2009). Riparian forest buffers mitigate the effects of deforestation on fish assemblages in tropical headwater streams. *Ecol Appl*, 19(2), 468-479. <https://doi.org/10.1890/08-0050.1>.

Maurya, P. K., Malik, D. S., Yadav, K. K., Kumar, A., Kumar, S., & Kamyab, H. (2019). Bioaccumulation and potential sources of heavy metal contamination in fish species in River Ganga basin: Possible human health risks evaluation. *Toxicology reports*, 6,472-481. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.05.012>.

Paula, S. M., Ramires, I., Dantas, F. G. S., Teodósio, T. K. C., Campos, K. B. G., Brabes, K. C. S., & Negrão, F. J. (2013). Qualidade da Água do Rio Dourados, MS-Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos. *Evidência*, 13(2),83-100.

R Core Team. (2019). R: a language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna. <http://www.R-project.org>.

Reis, D. A., Santiago, A. F., Nascimento, L. P., & Roeser, H. M. P. (2017). Influence of environmental and anthropogenic factors at the bottom sediments in a Doce River tributary in Brazil. *Environ Sci Pollut*, 24(8), 7456-7467. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-017-8443-5>.

Ruiz de Arcaute, R., Soloneski, S., & Larramendy, M. L. (2016). Toxic and genotoxic effects of the 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid (2, 4-D)-based herbicide on the Neotropical fish *Cnesterodon decemmaculatus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 128,222-229. doi: 10.1016/j.ecoenv.2016.02.027.

Silva, Y. J. A. B., Cantalice, J. R. B., Nascimento, C. W. A., Singh, V. P., Silva, Y. J. A. B., Silva, C. M. C. A. C., Silva, M. O., & Guerra, S. M. S. (2017). Bedload as an indicator of heavy metal contamination in a Brazilian anthropized watershed. *Catena*, 153,106-113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2017.02.004>.

Teresa, F. B., & Casatti L. (2017). Trait-based metrics as bioindicators: Responses of stream fish assemblages to a gradient of environmental degradation. *Ecological Indicators*, 75, 249-258. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.041>.

Zabaloy, M. C., & Gómez, M. A. (2014). Isolation and characterization of indigenous 2,4-D herbicide degrading bacteria from an agricultural soil in proximity of Sauce Grande River, Argentina. *Ann. Microbiol*, 64, 969-974.

Zeni, J. O., Mayorga, M. A. P., Fuentes, C. A. R., Brejão, G. L., & Casatti, L. (2019). How deforestation drives stream habitat changes and the functional structure of fish assemblages in different tropical regions. *Aquatic Conservation*, 29(8), 1238-1252. <https://doi.org/10.1002/aqc.3128>.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Lucilene Finoto Viana-20%
Giovana Torres Rosso-15%
Sidnei Eduardo Lima-Junior-15%
Yzel Rondon Suárez-15%
Julio César Jut Solórzano-15%
Claudia Andrea Lima Cardoso-20%