

3 - Os fatores abióticos

Jaciara Vanessa Krüger Paes
Jamile Queiroz de Sousa
Gianmarco Silva David

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

PAES, JVK., SOUSA, JQ., and DAVID, GS. Os fatores abióticos. In: SILVA, RJ., orgs. *Integridade ambiental da represa de Jurumirim: ictiofauna e relações ecológicas* [online]. São Paulo: Editora UNESP, 2016, pp. 43-53. ISBN 978-85-6833-478-2. Available from: doi: [10.7476/9788568334782](https://doi.org/10.7476/9788568334782). Also available in ePUB from: <http://books.scielo.org/id/tp2xy/epub/silva-9788568334782.epub>.



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

3

OS FATORES ABIÓTICOS

*Jaciara Vanessa Krüger Paes, Jamile Queiroz de Sousa
e Gianmarco Silva David*

A água é um recurso natural renovável fundamental à manutenção da vida que tem se tornado mais escasso nas últimas décadas. A demanda por água está relacionada ao desenvolvimento humano e à melhoria da qualidade de vida. A rede hidrográfica do sudeste brasileiro recebe demanda de usos múltiplos que transformaram de forma intensa esses ecossistemas, tais como irrigação, abastecimento urbano, produção industrial, aquicultura, pesca, lazer e, principalmente, a produção de energia elétrica (Tundisi, 2003).

O aumento da demanda por energia hidroelétrica está diretamente relacionado ao crescimento populacional e a avanços técnico-industriais, especialmente nas regiões mais densamente povoadas, sendo a principal fonte de energia da matriz energética brasileira (Aneel, 2005; Agostinho et al., 2007). É considerada uma fonte de energia limpa, apesar de todas as consequências ecológicas negativas inerentes ao barramento dos rios para a sua produção e das importantes emissões de gases de efeito estufa na fase de enchimento dos reservatórios.

Nos rios, em condições naturais, há a predominância da dimensão longitudinal, definida pelo fluxo unidirecional (nascente-foz), responsável pela exportação de produtos gerados ao longo de sua bacia de drenagem (Petts; Amoros, 1996; Brigante; Espíndola, 2003), e a distribuição da biota aquática, direta ou indiretamente, é influenciada pelos gradientes abióticos dos rios (Brigante; Espíndola, 2003), visto que esse é um integrador de paisagens e acumulador de processos e fenômenos naturais.

Os barramentos causam uma série de impactos antrópicos, positivos e negativos, bem conhecidos no meio científico (Tundisi, 1999; Straškraba; Tundisi, 2000; Tundisi; Tundisi, 2008).

Em relação aos impactos negativos, esses são de especial interesse na área ambiental e ecológica, pois quando do barramento do rio e a formação do lago artificial da usina hidrelétrica, há a perda do gradiente contínuo do rio, com reflexos nas condições físicas, químicas e biológicas desse “novo” sistema (Bianchini Jr., 1994; Tundisi; Tundisi, 2008), afetando a estrutura e função das comunidades aquáticas e as condições limnológicas, local e regionalmente.

A conversão de um sistema lótico em lênticos altera todo o contexto original das características do rio, modificando desde o regime hidrológico e o clima, até os ciclos biogeoquímicos (Tundisi; Tundisi, 2008). Os componentes bióticos e abióticos da água e sedimento são também afetados pelos barramentos (Straškraba; Tundisi, 2000), alterando variáveis ambientais tais como os nutrientes na água e nos sedimentos, materiais em suspensão, a biomassa do fitoplâncton, composição e distribuição dos elementos da biota aquática, como o fitoplâncton, zooplâncton e peixes.

Isso se deve a fragmentação física permanente do rio, que passa a funcionar de modo não natural, segundo o mecanismo operacional da usina, que visa a otimização do processo de geração de energia. Constatam-se assim modificações na velocidade do fluxo da água, processos de sedimentação, produção primária (material autóctone) e aporte de material alóctone, além da sazonalidade da variação do nível da represa, que afeta todas as variáveis acima mencionadas.

O lançamento de nutrientes aos rios é impacto adicional aos barramentos, que resulta na deterioração da qualidade das águas, acelerando o processo de eutrofização. A eutrofização é um processo que ocorre naturalmente nos corpos hídricos, de forma lenta e contínua, pois é o resultado do aporte de nutrientes por meio de chuvas e pelas águas superficiais via erosão e lixiviação no meio terrestre (Esteves, 1998). Contudo, atividades antrópicas tendem a acelerar consideravelmente esse processo, com a introdução de nutrientes nos corpos hídricos, fazendo que a capacidade de autodepuração dos ecossistemas seja excedida, resultando no aumento da biomassa fitoplanctônica, geralmente percebido por alterações visuais na coloração e odor da água e com a proliferação de

cianobactérias, comprometendo a qualidade e aumentando os custos de tratamento para atingir qualidade adequada para o consumo humano (Tundisi; Tundisi, 2008).

Além da exploração do lago da usina para múltiplas atividades humanas, frequentemente há o despejo de efluentes urbanos, industriais e oriundos das atividades agropastoris, somando-se ao longo de toda a bacia hidrográfica, terminando por acelerar de forma significativa não só os processos de eutrofização, mas também o assoreamento do leito dos rios e a contaminação da biota aquática (Agostinho et al., 2007). A existência de tributários (trechos livres) a montante da barragem da represa importa de diversas formas, pois nesses trechos geralmente notam-se características limnológicas mais próximas das condições naturais lóxicas originais, com maior declividade e velocidade da corrente, predomínio de material alóctone, menor sedimentação de sólidos suspensos, presença de lagoas marginais, dentre outras, que permite a persistência de elementos da biota aquática, principalmente de espécies reofílicas.

Do tipo dendrítico, Jurumirim funciona como bacia de acumulação e regulador da disponibilidade de água para os demais reservatórios a jusante. A represa de Jurumirim foi selecionada para o estudo por ser a primeira das cascatas de reservatórios de usinas hidrelétricas instaladas no eixo principal do rio Paranapanema, apresentando ainda tributários livres de barramento a montante de sua barragem, e pelo baixo grau de trofia de suas águas (indicador de qualidade ambiental). Assim, foram eleitos para o estudo quatro compartimentos: a própria represa (REP) e três de seus principais tributários – ribeirão dos Veados (VEA), rio Paranapanema (PAR) e rio Taquari (TAQ), amostrado nos trechos Alto, Médio e Baixo de cada um dos compartimentos, e também em duas lagoas marginais no rio Paranapanema (LAG1 e LAG2, situadas nos trechos Alto e Médio do rio, respectivamente). Na questão ambiental, esse delineamento amostral tinha por objetivo verificar a existência ou não de gradientes longitudinais através das variáveis abióticas (pH, temperatura, oxigênio, transparência, material em suspensão, dentre outros) e bióticas (Clorofila-a, peixes e parasitas), assim como inferir o(s) local(is) com maior integridade ambiental na porção do Alto rio Paranapanema. Informações mais detalhadas estão expostas no Capítulo 1 deste livro.

Em razão do baixo teor de nutrientes na coluna d'água (especialmente nitrogênio e fósforo), essa represa é classificada como oligo a mesotrófica.

Contudo, considerando o progressivo impacto antrópico sobre esse ecossistema aquático, é necessário um monitoramento constante da qualidade da água do reservatório, em especial no que se refere aos novos usos a demandar os serviços ambientais de diluição e depuração desse ambiente, particularmente no que se refere ao despejo de efluentes e a criação de peixes em tanques-rede, atividade em plena expansão nos reservatórios de hidrelétricas no estado de São Paulo.

As informações limnológicas apresentadas no presente estudo foram obtidas a partir de incursões trimestrais a campo, no período de abril de 2011 a janeiro de 2013 (oito coletas), com a obtenção de amostras de água e sedimento, além de medições *in situ* dos seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido (DO, em mg.L^{-1}), pH, temperatura (t , em $^{\circ}\text{C}$) e condutividade elétrica (K_{25} , em $\mu\text{S.cm}^{-1}$), aferidos com uma sonda multiparâmetros Horiba U-22; profundidade máxima local (WD, em m) e a transparência da água (WT, em m), com um profundímetro e Disco de Secchi, respectivamente.

Amostras de água foram recolhidas próximas à superfície da coluna d'água para a determinação, por espectrofotometria, dos teores de nutrientes totais (nitrogênio – TN e fósforo – TP, em $\mu\text{g.L}^{-1}$) e da biomassa do fitoplâncton, medida indiretamente pelo teor de clorofila-*a* (Chl a , em $\mu\text{g.L}^{-1}$) (Golterman et al., 1978); e por gravimetria, a quantidade de material sólido em suspensão (SM, em mg.L^{-1}) (Teixeira; Tundisi; Kutner, 1965).

O sedimento foi coletado com um pegador de Van Veen (área = 308 cm^2) para análises de granulometria e teor de matéria orgânica, determinadas segundo Wentworth (1922) e Suguio (1973). Na análise granulométrica, os grãos do sedimento foram classificados como: (-1 [-0] areia muito grossa; 0 [-1] areia grossa; 1 [-2] areia média; 2 [-3] areia fina; 3 [-4] areia muito fina e (> 4) limo+argila, e posteriormente, nas frações granulométricas predominantes para cada local, de acordo com Suguio (1973).

A Tabela 3.1 apresenta os parâmetros estatísticos descritivos das variáveis ambientais estudadas em cada um dos quatro compartimentos (represa, ribeirão dos Veados, rio Paranapanema e rio Taquari) em seus trechos Alto, Médio e Baixo, e nas lagoas marginais do rio Paranapanema (LAG1 e LAG2). As pequenas variações nos fatores abióticos observadas entre os compartimentos e trechos não foram estatisticamente significativas ($p > 0,05$).

Na represa (REP), maiores concentrações de nitrogênio e fósforo foram observadas no seu trecho Alto, com tendência de decréscimo nos trechos

Tabela 3.1 – Valores médios (desvios-padrão) das variáveis ambientais nos compartimentos represa e seus tributários – trechos alto, médio, baixo e lagoas marginais (LAG1 e LAG2) do rio Paranapanema –, no período estudado

Variáveis/ Compartimentos	Represa de Jurumirim			Rio Paranapanema					Ribeirão dos Veados			Rio Taquari		
	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo	LG1	LG2	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo
Z _{máx}	8,46± 1,03	7,27± 3,23	20,61±6,67	5,58± 1,44	5,69± 2,10	8,46± 1,03	2,03± 0,57	2,18± 1,00	1,89± 0,49	4,91± 1,48	6,72± 1,17	2,47± 0,78	3,00± 0,77	3,65± 1,11
ZDS	0,53± 0,31	1,21± 0,53	3,00± 0,98	0,57± 0,41	0,52± 0,32	0,53± 0,31	1,05± 0,48	0,69± 0,40	0,82± 0,42	0,91± 0,49	1,02± 0,46	0,57± 0,15	0,75± 0,30	0,81± 0,32
Temp	22,0± 3,00	24,4± 3,57	23,6± 3,97	22,3± 3,05	22,5± 2,82	22,0± 3,00	24,4± 3,57	24,4± 3,10	23,0± 3,95	25,1± 3,96	24,3± 3,40	22,3± 3,41	22,5± 3,67	22,5± 3,75
OD	8,05± 1,56	8,66± 1,74	8,19± 1,25	8,09± 1,30	7,97± 1,35	8,05± 1,56	6,52± 1,14	7,44± 1,37	7,41± 1,30	8,10± 0,95	8,14± 1,18	7,77± 2,50	7,19± 2,76	7,02± 2,58
pH	6,61± 0,33	6,82± 0,61	7,24± 0,44	6,54± 0,51	6,71± 0,31	6,61± 0,33	6,26± 0,50	6,81± 0,42	6,70± 0,34	6,81± 0,63	6,73± 0,35	6,97± 0,47	6,87± 0,50	6,91± 0,40
K25	74,95± 40,54	61,38± 23,68	58,38± 6,98	70,92± 35,73	70,88± 37,03	74,95± 40,54	53,17± 25,95	64,38± 31,79	54,92± 31,90	53,54± 28,29	56,13± 26,12	103,43± 30,14	87,75± 18,57	85,42± 17,10
Cloro-a	2,13± 2,61	1,80± 1,69	1,36± 1,50	2,22± 2,06	1,36± 1,31	2,13± 2,61	3,38± 2,93	3,59± 3,14	2,19± 2,64	1,89± 1,65	3,03± 4,02	0,82± 0,65	1,04± 0,71	1,98± 3,31
MSS	21,40± 17,74	2,05± 2,51	0,62± 0,28	39,36± 40,81	31,99± 28,30	21,40± 17,74	12,22± 10,66	11,48± 13,94	5,47± 3,69	4,76± 3,75	5,45± 7,65	27,24± 16,57	16,79± 8,53	9,85± 8,38
N – total	636,36± 101,15	442,2± 81,01	374,2± 77,64	632,8± 170,53	665,1± 84,06	636,3± 101,15	280,8± 64,50	469,8± 122,29	324,7± 103,83	418,7± 105,62	414,0± 85,86	639,53± 125,16	577,78± 167,15	576,7± 156,98
P – total	25,72± 11,87	21,02± 9,26	13,39± 7,67	37,12± 18,18	29,09± 12,03	25,72± 11,87	25,39± 10,77	32,32± 14,19	28,45± 17,89	22,98± 7,83	22,84± 7,69	31,94± 10,71	28,62± 17,30	27,28± 14,82

Sendo: Z_{máx}= profundidade máxima (m); ZDS= transparência do disco de Secchi (m); Temp= temperatura da água (°C), OD= oxigênio dissolvido na água (mg.L⁻¹); K25= condutividade elétrica da água (µS.cm⁻¹); Cloro-a= teor de clorofila-a (µg.L⁻¹); MSS= material sólido suspenso (mg.L⁻¹); N-total= nitrogênio total na água (µg.L⁻¹); N- total= fósforo total na água (µg.L⁻¹).

Médio e Baixo, o mesmo sendo verdadeiro para condutividade, material em suspensão e clorofila-a. A transparência da água foi inversamente proporcional ao conteúdo de material em suspensão e clorofila-a, ocorrendo melhoria na transparência da água no sentido Alto-Baixo. Maior concentração de DO ocorreu no trecho Médio da represa (média = 8,7 mg.L⁻¹), mas em geral, essa se manteve com valores próximos a 8,0 mg.L⁻¹, ideal para a biota aquática.

O rio Paranapanema apresentou bons valores de oxigênio dissolvido ao longo de todo o rio (média = 8,0 mg.L⁻¹), constatando-se menor disponibilidade em suas lagoas marginais (6,5 a 7,4 mg.L⁻¹ de DO, em média). Condutividade, sólidos em suspensão e concentração de fósforo foram maiores no trecho Alto Par, decaindo no sentido da desembocadura do rio na represa. Nas lagoas marginais, a LAG1 apresentou menor concentração de nutrientes totais em relação a LAG2, situada a montante da primeira.

No ribeirão dos Veados, destaque para as médias de nitrogênio, condutividade e clorofila-a no trecho VEA-Baixo e fósforo, no VEA-Alto. A disponibilidade média de DO foi semelhante entre os trechos, sendo um pouco inferior no VEA-Alto.

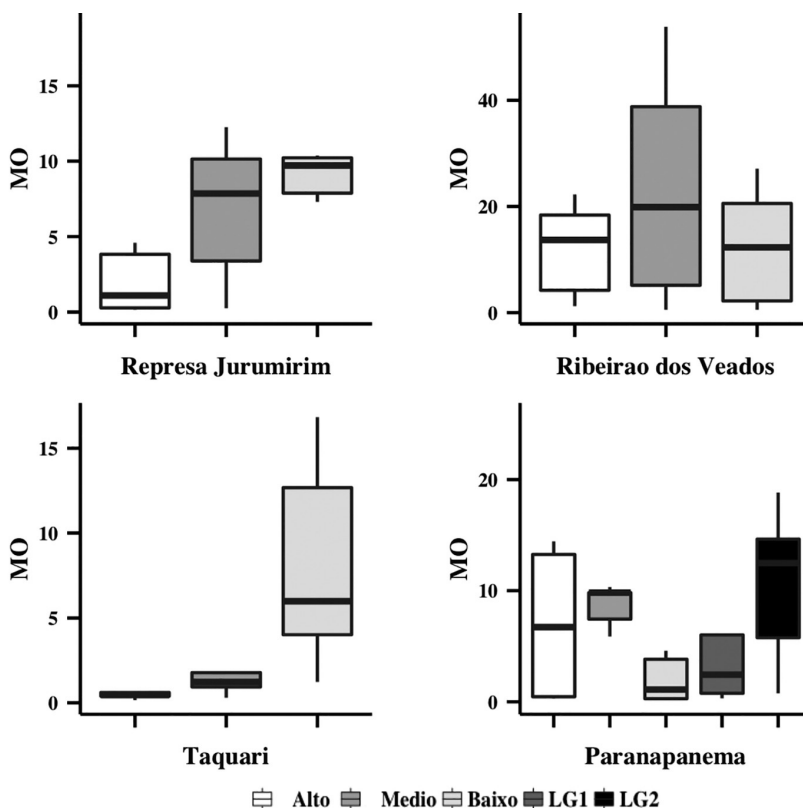
No rio Taquari observou-se uma tendência de decréscimo no sentido Alto-Baixo nos seguintes parâmetros: nutrientes, condutividade, teor de clorofila e material em suspensão e oxigênio dissolvido.

A Figura 3.1 apresenta informações a respeito do conteúdo de matéria orgânica (MO) no sedimento. Um maior percentual de MO ocorreu nos trechos Baixos da represa de Jurumirim e do rio Taquari, com tendência de acréscimo no sentido Alto-Baixo em cada compartimento.

No entanto, o mesmo padrão não é observado para o ribeirão dos Veados, pois, nesse caso, o maior percentual de MO foi registrado no seu trecho Médio, em comparação aos demais trechos, e também no rio Paranapanema, onde se observou um decréscimo do percentual de MO no sentido Ato-Baixo, no eixo longitudinal do rio. Em relação às lagoas marginais, percebe-se que essas possuem diferenças entre o conteúdo de MO, e a LAG2, situada na porção média do rio, apresentou maior percentual de MO em comparação a LAG1 (no trecho Alto do rio).

Na análise da distribuição granulométrica temporal do sedimento entre os diferentes compartimentos e trechos de Jurumirim (Figura 3.2), constatou-se uma considerável diferença em relação ao diâmetro de grão

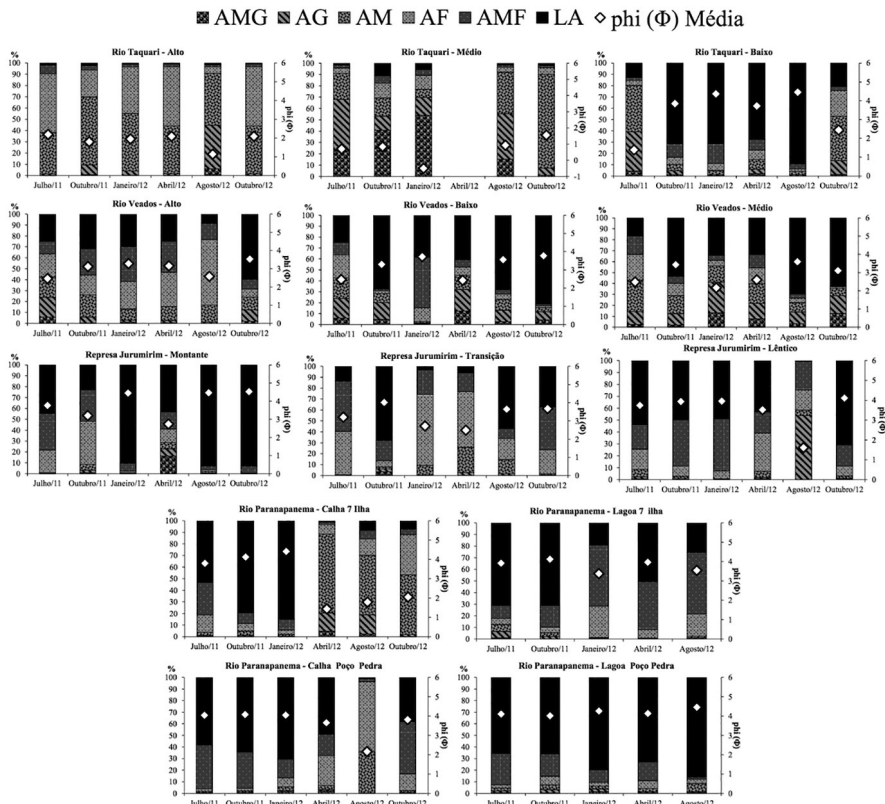
Figura 3.1 – Variação espacial do teor de matéria orgânica do sedimento (%) nos diferentes trechos da represa de Jurumirim e em seus tributários



de sedimento de fundo, entre os trechos e os meses analisados. De modo geral, houve uma predominância de limo-argila, areia fina e areia grossa, que, quando agrupados, representaram mais de 50% da composição total. Houve também um aumento de limo-argila, em percentual e valor de phi (> 4) nas zonas de desembocadura dos tributários Veados e Taquari (trechos Baixos), em toda a represa e nas lagoas marginais do rio Paranapanema (acima de 50%). A ausência de limo-argila e a predominância de areia média no TAQ Alto fizeram desse o trecho com menor similaridade em relação aos demais. Cabe ressaltar que agosto/12 foi um mês atípico para os compartimentos e trechos TAQ Alto, e TAQ Médio e VEA Alto. Novamente, cabe ressaltar que as diferenças acima apontadas foram apenas numéricas, não sendo comprovadas por meio de testes estatísticos ($p > 0,05$).

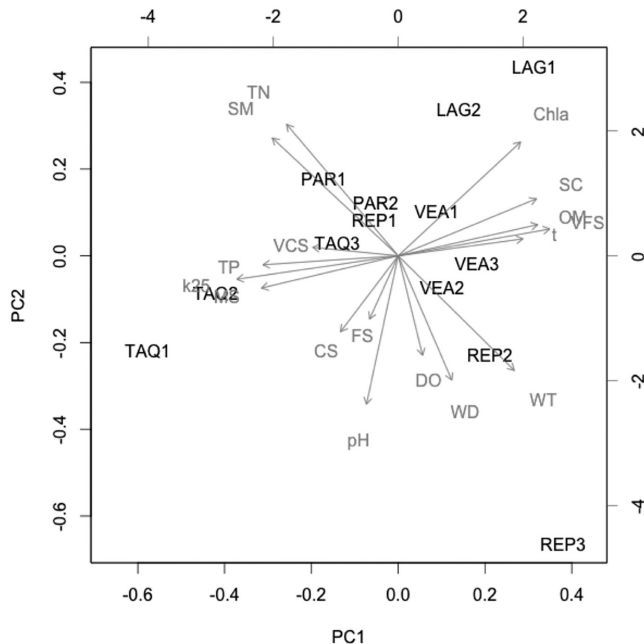
Uma análise multivariada dos componentes principais (PCA) foi empregada para coordenar pontos de amostragens em relação às variáveis de qualidade da água e sedimento de fundo. As variáveis tinham diferentes unidades de medida, por isso a matriz de produtos cruzados foi baseada na correlação, resultando em um coeficiente de ponderação igual de todas as respostas (Greig-Smith, 1983). As variáveis ambientais mais importantes, selecionadas a partir da PCA, foram então analisadas quanto à sua distribuição espacial ao longo dos trechos e compartimentos.

Figura 3.2 – Proporções de classes de diâmetro (%) e medida de tendência central (PhiΦ) de grãos de sedimento do fundo para cada trecho do reservatório de Jurumirim e seus principais tributários (rio Paranapanema, ribeirão dos Veados e rio Taquari). Classes: AMG (areia muito grossa), AG (areia grossa), AM (areia média), AF (areia fina), AMF (areia muito fina), LA (limo+argila). \diamond phi (Φ) Média



A Figura 3.3 exibe o resultado da Análise de Componentes Principais, realizada com 17 parâmetros biótico/abióticos da represa de Jurumirim (REP1= Alto; REP2= Médio e REP 3= Baixo) e tributários (ribeirão dos Veados: VEA1= Alto; VEA2= Médio e VEA3= Baixo; Taquari: TAQ1= Alto; TAQ2= Médio e TAQ3= Baixo; Rio Paranapanema: PAR1= Alto; PAR2= Médio; PAR3= Baixo; e lagoas LAG1 e LAG2). Essa análise conseguiu explicar 61% da variação dos dados nos dois primeiros eixos (Tabela 3.2). Notam-se diferenças na distribuição entre ambientes mais lânticos, que foram claramente separados pelo eixo 1, com os trechos lóticos

Figura 3.3 – Análise de componentes principais (PCA). Plot das variáveis abióticas mensuradas ao longo dos compartimentos da represa de Jurumirim. As variáveis ambientais são indicadas por vetores: Chla – Clorofila-a; DO – oxigênio dissolvido; k25 – condutividade elétrica; TN – nitrogênio total; TP – fósforo total; pH – pH da água; t – temperature da água; WD – profundidade; WT – transparência da água, SM – material em suspensão; textura de sedimento de fundo: VCS – areia muito grossa; CS – areia grossa, MS – areia media, FS- areia fina, VFS – areia muito fina; OM – matéria orgânica do sedimento



no lado negativo desse eixo. As relações lineares (r de Pearson) entre os escores PCA e as variáveis individuais indicaram que o eixo 1 esteve negativamente correlacionado com maior valores de condutividade elétrica ($r = -0,90$), fósforo total ($r = -0,75$) e material em suspensão ($r = -0,70$). E no lado positivo desse eixo, os ambientes aquáticos lânticos foram associados com ao conteúdo de areia muito fina ($r = 0,84$), silte e argila ($r = 0,77$) e temperatura ($r = 0,69$). O eixo 2 refletiu a relação positiva com as variáveis: pH ($r = -0,82$), profundidade máxima ($r = -0,69$) e transparência da água ($r = -0,64$), associados ao trecho Baixo da represa (REP3).

Tabela 3.2 – Scores dois primeiros da análise de componentes principais (r de Pearson) das variáveis abióticas sobre a proporção da variância explicada por cada componente e proporção acumulativa da variância explicada

Componentes	PC1
Autovalores	6,56
Proporção de variância	0,39
% acumulativa	0,39
Variáveis ambientais	
t	0,69
pH	-0,18
K25	-0,90
DO	0,14
WT	0,64
WD	0,30
Chla	0,68
TP	-0,75
TN	-0,62
SM	-0,70
VCS	-0,47
CS	-0,32
MS	-0,76
FS	-0,16
VFS	0,84
SC	0,77
OM	0,77

Considerações finais

Os fatores abióticos analisados na represa de Jurumirim e tributários, nos diferentes trechos, mostraram uma pequena variação temporal e espacial, durante os dois anos do estudo, que provavelmente se trata de uma sazonalidade natural.

A baixa concentração de nutrientes dissolvidos favorece a manutenção da qualidade de suas águas e do baixo grau de trofia.

A secção dos rios e represa em Alto, Médio e Baixo, levando em consideração os aspectos limnológicos desse sistema, não se evidencia na prática, pois não há variação suficiente entre os parâmetros analisados que justifique tal divisão.

A limnologia aplicada a este estudo teve por finalidade coletar informações que pudessem ser empregadas como métrica do Índice de Integridade Biótica da represa de Jurumirim (ver Capítulo 9), mas em razão da baixa variabilidade dos dados, esses foram descartados das métricas finais.