



Usina Hidrelétrica Jirau

7º RELATÓRIO SEMESTRAL

Solicitação de Renovação da Licença de Operação

nº 1097 / 2012

Programa de Monitoramento Limnológico da UHE Jirau Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço

EMPRESA: VENTURO CONSULTORIA AMBIENTAL

PERÍODO DAS ATIVIDADES: 26/09/2009 A 31/03/2016

RESPONSÁVEL DA CONTRATADA: LUIZ FABRÍCIO ZARA

RESPONSÁVEL DA ESBR: VERISSIMO A. DOS SANTOS NETO



SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	17
2 SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ELEMENTOS TRAÇO	17
2.1 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS	17
2.2 ATENDIMENTO ÀS METAS	21
2.3 ATIVIDADES REALIZADAS NO SEMESTRE	24
2.4 RESULTADOS CONSOLIDADOS DO PERÍODO DA LO Nº 1097/2012	24
2.5 INDICADORES	201
3 INTERFACES	202
4 ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA	204
5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO	205
5.1 PROPOSTA DE CRONOGRAMA PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO	210
6 EQUIPE TÉCNICA	211
6.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	212



LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2-1 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) NAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).....	30
FIGURA 2-2 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO NAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).	34
FIGURA 2-3 – MAPA PEDOLÓGICO DOS PONTOS DE SOLO NAS 5 DIFERENTES MALHAS AMOSTRAIS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU.	37
FIGURA 2-4 – DISTRIBUIÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO DE ENCHENTE DE 2010 A ENCHENTE DE 2016.....	43
FIGURA 2-5 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS ÁREAS DOS PULSOS DE INUNDAÇÃO DO RIO MADEIRA, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).....	44
FIGURA 2-6 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS ÁREAS DOS PULSOS DE INUNDAÇÃO DO RIO MADEIRA, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERFIS DE 5 A 100 CM.....	45
FIGURA 2-7 – DISTRIBUIÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO DE ENCHENTE DE 2010 A ENCHENTE DE 2016.....	47
FIGURA 2-8 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS ÁREAS DOS PULSOS DE INUNDAÇÃO DO RIO MADEIRA, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).....	48
FIGURA 2-9 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS ÁREAS DOS PULSOS DE INUNDAÇÃO DO RIO MADEIRA, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERFIS DE 5 A 100 CM.....	49
FIGURA 2-10 – DISTRIBUIÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO DE ENCHENTE DE 2010 A ENCHENTE DE 2016.....	51
FIGURA 2-11 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS ÁREAS DOS PULSOS DE INUNDAÇÃO DO RIO MADEIRA, NA ÁREA DE	



INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).....	52
FIGURA 2-12 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS ÁREAS DOS PULSOS DE INUNDAÇÃO DO RIO MADEIRA, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERFIS DE 5 A 100 CM.	53
FIGURA 2-13 – DISTRIBUIÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE NÍQUEL NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO DE ENCHENTE DE 2010 A ENCHENTE DE 2016.	55
FIGURA 2-14 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE NÍQUEL NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS ÁREAS DOS PULSOS DE INUNDAÇÃO DO RIO MADEIRA, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).....	56
FIGURA 2-15 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE NÍQUEL NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS ÁREAS DOS PULSOS DE INUNDAÇÃO DO RIO MADEIRA, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERFIS DE 5 A 100 CM.....	57
FIGURA 2-16 – DISTRIBUIÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO DE ENCHENTE DE 2010 A ENCHENTE 2016.	59
FIGURA 2-17 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS ÁREAS DOS PULSOS DE INUNDAÇÃO DO RIO MADEIRA, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).....	60
FIGURA 2-18 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS ÁREAS DOS PULSOS DE INUNDAÇÃO DO RIO MADEIRA, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERFIS DE 5 A 100 CM.....	61
FIGURA 2-19 – DISTRIBUIÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO DE ENCHENTE DE 2010 A ENCHENTE DE 2016.....	63
FIGURA 2-20 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS ÁREAS DOS PULSOS DE INUNDAÇÃO DO RIO MADEIRA, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).....	64
FIGURA 2-21 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO NAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NAS ÁREAS DOS PULSOS DE INUNDAÇÃO DO RIO MADEIRA, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E	



INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERFIS DE 5 A 100 CM.....	65
FIGURA 2-22 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO (CR) NAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).....	76
FIGURA 2-23 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).....	80
FIGURA 2-24 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE NÍQUEL (NI) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).....	83
FIGURA 2-25 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO (PB) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).....	87
FIGURA 2-26 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NAS TRÊS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).....	91
FIGURA 2-27 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) NAS AMOSTRAS DE PEIXES COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NA FASE RIO DO EMPREENDIMENTO.....	96
FIGURA 2-28 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) NAS AMOSTRAS DE PEIXES COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NA FASE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO.....	97
FIGURA 2-29 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) NAS AMOSTRAS DE PEIXES COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NA FASE OPERATIVA DO EMPREENDIMENTO.....	98
FIGURA 2-30 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) NAS AMOSTRAS DE PEIXES COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NA FASE RIO DO EMPREENDIMENTO.....	99
FIGURA 2-31 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) NAS AMOSTRAS DE PEIXES COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NA FASE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO.....	100



FIGURA 2-32 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) NAS AMOSTRAS DE PEIXES COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NA FASE OPERATIVA DO EMPREENDIMENTO.....	101
FIGURA 2-33 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS E ZINCO EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL, POR PERÍODO HIDROLÓGICO, COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODOS DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	105
FIGURA 2-34 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS E ZINCO EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL, POR FASES DO EMPREENDIMENTO, COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODOS DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2015.....	106
FIGURA 2-35 – BOXPLOT DAS COMPARAÇÕES ENTRE AS FASES (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA) E OS PERÍODOS (SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016) PARA AS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS E ZINCO EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL, COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU.....	107
FIGURA 2-36 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) NAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE RIO DO EMPREENDIMENTO.....	109
FIGURA 2-37 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) NAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE RIO DO EMPREENDIMENTO.....	110
FIGURA 2-38 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) NAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE ENCHIMENTO DO EMPREENDIMENTO.....	111
FIGURA 2-39 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) NAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE ENCHIMENTO DO EMPREENDIMENTO (OS PONTOS P10-CAS DA CHEIA E ENCHENTE DE 2013 E DA SECA DE 2012 FORAM EXCLUÍDOS PARA MELHOR VISUALIZAÇÃO).....	112
FIGURA 2-40 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) NAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE OPERATIVA DO EMPREENDIMENTO.....	113
FIGURA 2-41 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) NAS AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE OPERATIVA DO EMPREENDIMENTO (OS PONTOS P11-MTP 1B E P12-COT 1 DA ENCHENTE DE 2016 FORAM EXCLUÍDOS PARA MELHOR VISUALIZAÇÃO).....	114
FIGURA 2-42 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MN E ZN EM AMOSTRAS DE ÁGUA, POR TRANSECTO (MARGEM DIREITA, CENTRO E MARGEM ESQUERDA), COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU.....	116





FIGURA 2-43 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL COLETADAS NO IGARAPÉ RIBEIRÃO, PARA AS DIFERENTES FASES DO EMPREENDIMENTO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	118
FIGURA 2-44 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL COLETADAS NO IGARAPÉ RIBEIRÃO, PARA AS DIFERENTES FASES DO EMPREENDIMENTO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	119
FIGURA 2-45 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL COLETADAS NO IGARAPÉ ARARAS, PARA AS DIFERENTES FASES DO EMPREENDIMENTO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	120
FIGURA 2-46 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL COLETADAS NO IGARAPÉ ARARAS, PARA AS DIFERENTES FASES DO EMPREENDIMENTO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	121
FIGURA 2-47 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL COLETADAS NO IGARAPÉ RIBEIRÃO, POR PERÍODO HIDROLÓGICO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.	122
FIGURA 2-48 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL COLETADAS NO IGARAPÉ RIBEIRÃO, POR PERÍODO HIDROLÓGICO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	123
FIGURA 2-49 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL COLETADAS NO IGARAPÉ ARARAS, POR PERÍODO HIDROLÓGICO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.	124
FIGURA 2-50 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL COLETADAS NO IGARAPÉ ARARAS, POR PERÍODO HIDROLÓGICO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	125
FIGURA 2-51 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO (CD) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100), NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO HIDROLÓGICO DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2015.	130
FIGURA 2-52 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO (CD) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) PARA CADA PERÍODO HIDROLÓGICO (ENCHENTE E VAZANTE).....	131
FIGURA 2-53 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO (CD) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) PARA CADA FASE DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).	132
FIGURA 2-54 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO (CR) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100), NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E	



INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO HIDROLÓGICO DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2015.	133
FIGURA 2-55 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO (CR) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) PARA CADA PERÍODO HIDROLÓGICO (ENCHENTE E VAZANTE).....	134
FIGURA 2-56 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO (CR) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) PARA CADA FASE DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).	135
FIGURA 2-57 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100), NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO HIDROLÓGICO DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2015.	136
FIGURA 2-58 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) PARA CADA PERÍODO HIDROLÓGICO (ENCHENTE E VAZANTE).....	137
FIGURA 2-59 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) PARA CADA FASE DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).	138
FIGURA 2-60 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE NÍQUEL (NI) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100), NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO HIDROLÓGICO DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2015.	139
FIGURA 2-61 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE NÍQUEL (NI) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) PARA CADA PERÍODO HIDROLÓGICO (ENCHENTE E VAZANTE).....	140
FIGURA 2-62 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE NÍQUEL (NI) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) PARA CADA FASE DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).	141
FIGURA 2-63 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO (PB) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100), NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO HIDROLÓGICO DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2015.	142



FIGURA 2-64 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO (PB) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) PARA CADA PERÍODO HIDROLÓGICO (ENCHENTE E VAZANTE).....	143
FIGURA 2-65 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO (PB) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) PARA CADA FASE DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).	144
FIGURA 2-66 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100), NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO HIDROLÓGICO DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2015.	145
FIGURA 2-67 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) PARA CADA PERÍODO HIDROLÓGICO (ENCHENTE E VAZANTE).....	146
FIGURA 2-68 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) EM AMOSTRAS DE SOLO, COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, EM DIFERENTES PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) PARA CADA FASE DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA).	147
FIGURA 2-69 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO (CD) EM AMOSTRAS DE SOLO EM 05 (CINCO) CM DE PROFUNDIDADE, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODOS HIDROLÓGICOS DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	148
FIGURA 2-70 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO (CR) EM AMOSTRAS DE SOLO EM 05 (CINCO) CM DE PROFUNDIDADE, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODOS HIDROLÓGICOS DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	149
FIGURA 2-71 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) EM AMOSTRAS DE SOLO EM 05 (CINCO) CM DE PROFUNDIDADE, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODOS HIDROLÓGICOS DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	150
FIGURA 2-72 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE NÍQUEL (NI) EM AMOSTRAS DE SOLO EM 05 (CINCO) CM DE PROFUNDIDADE, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODOS HIDROLÓGICOS DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	151
FIGURA 2-73 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO (PB) EM AMOSTRAS DE SOLO EM 05 (CINCO) CM DE PROFUNDIDADE, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODOS HIDROLÓGICOS DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	152
FIGURA 2-74 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) EM AMOSTRAS DE SOLO EM 05 (CINCO) CM DE PROFUNDIDADE, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODOS HIDROLÓGICOS DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	153





FIGURA 2-75 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CR, NI E PB EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO, POR PERÍODO HIDROLÓGICO, COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	158
FIGURA 2-76 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MN E ZN EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO, POR PERÍODO HIDROLÓGICO, COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	159
FIGURA 2-77 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CR, NI E PB EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO, POR FASES DO EMPREENDIMENTO, COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	160
FIGURA 2-78 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MN E ZN EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO, POR FASES DO EMPREENDIMENTO, COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	161
FIGURA 2-79 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CR, NI E PB EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO ENTRE OS FATORES FASES DO EMPREENDIMENTO E PERÍODO HIDROLÓGICOS, COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	162
FIGURA 2-80 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MN E ZN EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO ENTRE OS FATORES FASES DO EMPREENDIMENTO E PERÍODO HIDROLÓGICOS, COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	163
FIGURA 2-81 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO (CR) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE RIO DO EMPREENDIMENTO.....	165
FIGURA 2-82 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE RIO DO EMPREENDIMENTO.....	166
FIGURA 2-83 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE NÍQUEL (NI) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE RIO DO EMPREENDIMENTO.....	167
FIGURA 2-84 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO (PB) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE RIO DO EMPREENDIMENTO.....	168
FIGURA 2-85 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE RIO DO EMPREENDIMENTO.....	169



FIGURA 2-86 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO (CR) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE ENCHIMENTO DO EMPREENDIMENTO.....	170
FIGURA 2-87 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE ENCHIMENTO DO EMPREENDIMENTO.....	171
FIGURA 2-88 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE NÍQUEL (NI) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE ENCHIMENTO DO EMPREENDIMENTO.....	172
FIGURA 2-89 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO (PB) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE ENCHIMENTO DO EMPREENDIMENTO.....	173
FIGURA 2-90 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE ENCHIMENTO DO EMPREENDIMENTO.....	174
FIGURA 2-91 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO (CR) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE OPERATIVA DO EMPREENDIMENTO.	175
FIGURA 2-92 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE OPERATIVA DO EMPREENDIMENTO.....	176
FIGURA 2-93 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE NÍQUEL (NI) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE OPERATIVA DO EMPREENDIMENTO.	177
FIGURA 2-94 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CHUMBO (PB) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE OPERATIVA DO EMPREENDIMENTO.	178
FIGURA 2-95 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO (ZN) NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO RIO MADEIRA NA FASE OPERATIVA DO EMPREENDIMENTO.	179
FIGURA 2-96 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CR, NI E PB EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO, POR TRANSECTO (MARGEM DIREITA, CENTRO E MARGEM ESQUERDA), COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU.....	181
FIGURA 2-97 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MN E ZN EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO, POR TRANSECTO (MARGEM DIREITA, CENTRO E MARGEM ESQUERDA), COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU.....	182





FIGURA 2-98 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO, NÍQUEL E CHUMBO AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO IGARAPÉ RIBEIRÃO, PARA AS DIFERENTES FASES DO EMPREENDIMENTO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	184
FIGURA 2-99 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS E ZINCO EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO RIO RIBEIRÃO, PARA AS DIFERENTES FASES DO EMPREENDIMENTO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	185
FIGURA 2-100 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO, NÍQUEL E CHUMBO EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO IGARAPÉ ARARAS, PARA AS DIFERENTES FASES DO EMPREENDIMENTO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	186
FIGURA 2-101 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS E ZINCO EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO IGARAPÉ ARARAS, PARA AS DIFERENTES FASES DO EMPREENDIMENTO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	187
FIGURA 2-102 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO, NÍQUEL E CHUMBO EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO IGARAPÉ RIBEIRÃO, POR PERÍODO HIDROLÓGICO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	188
FIGURA 2-103 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS E ZINCO EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO IGARAPÉ RIBEIRÃO, POR PERÍODO HIDROLÓGICO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	189
FIGURA 2-104 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO, NÍQUEL E CHUMBO EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO IGARAPÉ ARARAS, POR PERÍODO HIDROLÓGICO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	190
FIGURA 2-105 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS E ZINCO EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO IGARAPÉ ARARAS, POR PERÍODO HIDROLÓGICO, PERÍODO DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016.....	191
FIGURA 2-106 –BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS EM AMOSTRAS DE PEIXES, POR PERÍODO HIDROLÓGICO, COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU.....	195
FIGURA 2-107 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO EM AMOSTRAS DE PEIXES, POR PERÍODO HIDROLÓGICO, COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU.....	196
FIGURA 2-108 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS EM AMOSTRAS DE PEIXES, POR FASE DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODOS HIDROLÓGICOS DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2009 A 2016.....	197
FIGURA 2-109 – BOXPLOT DAS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO EM AMOSTRAS DE PEIXES, POR FASE DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), COLETADAS NO RIO MADEIRA E SEUS	



TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, PERÍODOS HIDROLÓGICOS DE SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2009 A 2016.....	198
FIGURA 2-110 – BOXPLOT DAS COMPARAÇÕES ENTRE OS PERÍODOS HIDROLÓGICOS (SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2009 A 2016) E AS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA) PARA AS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS EM AMOSTRAS DE PEIXES, COLETADOS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU.....	199
FIGURA 2-111 – BOXPLOT DAS COMPARAÇÕES ENTRE OS PERÍODOS HIDROLÓGICOS (SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2009 A 2016) E AS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA) PARA AS CONCENTRAÇÕES DE ZINCO EM AMOSTRAS DE PEIXES, COLETADOS NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU.....	200
FIGURA 5-1 – MAPA DO DESENHO AMOSTRAL PROPOSTO PARA O SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ELEMENTOS TRAÇO NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS.	209

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2-1– <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO AO OBJETIVO GERAL.	17
QUADRO 2-2– <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	18
QUADRO 2-3 – <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO ÀS METAS.	21
QUADRO 2-4 – CAMPANHAS REALIZADAS NO ÂMBITO DO SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ELEMENTOS TRAÇO DA UHE JIRAU, POR FASES DO EMPREENDIMENTO E PERÍODOS HIDROLÓGICOS	25
QUADRO 2-5 – CONCENTRAÇÕES (MG L ⁻¹) DE MN NAS AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, FASES RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA.	27
QUADRO 2-6 – CONCENTRAÇÕES (MG L ⁻¹) DE ZN NAS AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, FASES RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA.	30
QUADRO 2-7 – CONCENTRAÇÕES (MG KG ⁻¹) DE AS, CD, CR, MN, NI, PB, SE E ZN EM PERFIL DE SOLO (CM) EM HORIZONTES COLETADOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, PERÍODO DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2016.	38
QUADRO 2-8 – PONTOS DE AMOSTRAGEM DE SOLO NOS PRINCIPAIS GRUPOS DE SOLO QUE OCORREM NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, COM SUA DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO PEDOLÓGICA.	69





QUADRO 2-9 – CONCENTRAÇÕES DE MATÉRIA ORGÂNICA (% M/M) E DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS (% M/M) EM AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, PERÍODO DE ENCHENTE DE 2010 A ENCHENTE DE 2016.	70
QUADRO 2-10 – CONCENTRAÇÕES (MG KG ⁻¹) DE CR NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, FASES RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA.	73
QUADRO 2-11 – CONCENTRAÇÕES (MG KG ⁻¹) DE MN NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, FASES RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA.	77
QUADRO 2-12 – CONCENTRAÇÕES (MG KG ⁻¹) DE NI NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, FASES RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA.	80
QUADRO 2-13 – CONCENTRAÇÕES (MG KG ⁻¹) DE PB NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, FASES RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA.	84
QUADRO 2-14 – CONCENTRAÇÕES (MG KG ⁻¹) DE ZN NAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E INDIRETA DA UHE JIRAU, NO RIO MADEIRA E SEUS TRIBUTÁRIOS, FASES RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA.	88
QUADRO 2-15 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS (MG KG ⁻¹) DE AS, CD, CR, MN, NI, PB, SE E ZN EM MÚSCULO DE PEIXE DE RELEVANTE CONSUMO PELA POPULAÇÃO TRADICIONAL DO RIO MADEIRA NAS FASES RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA DO EMPREENDIMENTO.	92
QUADRO 2-16 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS (MG L ⁻¹) E DESVIOS PADRÕES (DP) DE MANGANÊS E ZINCO, EM AMOSTRAS DE ÁGUA, DISPOSTAS POR FASE DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), POR PERÍODOS HIDROLÓGICOS (SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016), E FASES VERSUS PERÍODOS.	102
QUADRO 2-17 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS MULTIVARIADAS DAS CONCENTRAÇÕES DOS ELEMENTOS TRAÇO NA MATRIZ ÁGUA SUPERFICIAL, NAS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERÍODOS HIDROLÓGICOS (SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016) E FASES VERSUS PERÍODOS.	104
QUADRO 2-18 – TESTE UNIVARIADO DE MANGANÊS E ZINCO, EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL, NAS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERÍODOS HIDROLÓGICOS (SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016) E FASES VERSUS PERÍODOS.	104
QUADRO 2-19 – ANOVA DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS (MN) E ZINCO (ZN) (MG L ⁻¹) EM AMOSTRAS DE ÁGUA, ENTRE TODAS AS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), ESTAÇÕES (CALHA E TRIBUTÁRIOS) E FASES VERSUS ESTAÇÕES.	108



- QUADRO 2-20 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS MULTIVARIADA DAS CONCENTRAÇÕES DE MN E ZN (MG L⁻¹) EM AMOSTRAS DE ÁGUA, NOS TRANSECTOS (MARGEM DIREITA, CENTRO E MARGEM ESQUERDA). 115
- QUADRO 2-21 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS UNIVARIADA DAS CONCENTRAÇÕES DE MN E ZN (MG L⁻¹) EM AMOSTRAS DE ÁGUA, NOS TRANSECTOS (MARGEM DIREITA, CENTRO E MARGEM ESQUERDA). 115
- QUADRO 2-22 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS MULTIVARIADA DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS E ZINCO (MG L⁻¹) EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL COLETADAS NO IGARAPÉ RIBEIRÃO, NAS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERÍODOS HIDROLÓGICOS (SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016). 117
- QUADRO 2-23 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS MULTIVARIADA DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS E ZINCO (MG L⁻¹) EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL COLETADAS NO IGARAPÉ ARARAS, NAS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERÍODOS HIDROLÓGICOS (SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016). 117
- QUADRO 2-24 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS E DESVIOS PADRÕES DE CD, CR, MN, NI, PB E ZN (MG KG⁻¹) EM AMOSTRAS DE SOLO, DISPOSTAS POR FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) E FASES DO EMPREENDIMENTO *VERSUS* PERFIS. 126
- QUADRO 2-25 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS MULTIVARIADA DAS CONCENTRAÇÕES DE CD, CR, MN, NI, PB E ZN (MG KG⁻¹) EM AMOSTRAS DE SOLO, NAS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) E FASES DO EMPREENDIMENTO *VERSUS* PERFIS. 128
- QUADRO 2-26 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS UNIVARIADA DAS CONCENTRAÇÕES DE CD, CR, MN, NI, PB E ZN (MG KG⁻¹) EM AMOSTRAS DE SOLO, NAS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), PERFIS (5, 20, 40, 60 E 100) E FASES DO EMPREENDIMENTO *VERSUS* PERFIS. 129
- QUADRO 2-27 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS MULTIVARIADAS DAS CONCENTRAÇÕES DE CD, CR, MN, NI, PB E ZN EM AMOSTRAS DE SOLO EM 5 CM DE PROFUNDIDADE NOS PERÍODOS HIDROLÓGICOS DE ENCHENTE E VAZANTE DE 2010 A 2016. 148
- QUADRO 2-28 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS E DESVIOS PADRÕES DOS ELEMENTOS CR, MN, NI, PB E ZN (MG KG⁻¹), EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO, DISPOSTAS POR FASE DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), POR PERÍODOS HIDROLÓGICOS (VAZANTE, SECA, ENCHENTE, CHEIA DE 2010 A 2016), E FASES *VERSUS* PERÍODOS. 154
- QUADRO 2-29 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS MULTIVARIADA DAS CONCENTRAÇÕES DE CR, MN, NI, PB E ZN (MG KG⁻¹), EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO, NAS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERÍODOS HIDROLÓGICOS (SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016) E FASES *VERSUS* PERÍODOS. 156





QUADRO 2-30 – TESTE UNIVARIADO DAS CONCENTRAÇÕES DE CR, MN, NI, PB E ZN (MG KG ⁻¹), EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO, NAS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERÍODOS HIDROLÓGICOS (SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016) E FASES VERSUS PERÍODOS.	156
QUADRO 2-31 – ANOVA DAS CONCENTRAÇÕES DE CR, MN, NI, PB E ZN (MG KG ⁻¹) EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO, ENTRE TODAS AS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), ESTAÇÕES (CALHA E TRIBUTÁRIOS) E FASES VERSUS ESTAÇÕES.	164
QUADRO 2-32 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS MULTIVARIADA DAS CONCENTRAÇÕES DE CR, MN, NI, PB E ZN (MG KG ⁻¹) EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO, NOS TRANSECTOS (MARGEM DIREITA, CENTRO E MARGEM ESQUERDA).	180
QUADRO 2-33 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS UNIVARIADA DAS CONCENTRAÇÕES DE CR, MN, NI, PB E ZN (MG KG ⁻¹) EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO, NOS TRANSECTOS (MARGEM DIREITA, CENTRO E MARGEM ESQUERDA).	180
QUADRO 2-34 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS MULTIVARIADA DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO, MANGANÊS, NÍQUEL, CHUMBO E ZINCO (MG KG ⁻¹) EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO IGARAPÉ RIBEIRÃO, NAS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERÍODOS HIDROLÓGICOS (SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016).	183
QUADRO 2-35 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS MULTIVARIADA DAS CONCENTRAÇÕES DE CRÔMIO, MANGANÊS, NÍQUEL, CHUMBO E ZINCO (MG KG ⁻¹) EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO COLETADAS NO IGARAPÉ ARARAS, NAS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), NOS PERÍODOS HIDROLÓGICOS (SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016).	183
QUADRO 2-36 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS E DESVIOS PADRÕES DE MN E ZN (MG KG ⁻¹), EM AMOSTRAS DE PEIXES, DISPOSTAS POR FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), PERÍODOS HIDROLÓGICOS (SECA, ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE) E FASES DO EMPREENDIMENTO VERSUS PERÍODOS HIDROLÓGICOS.	193
QUADRO 2-37 – ANÁLISE DE VARIÂNCIAS MULTIVARIADA DAS CONCENTRAÇÕES DE MANGANÊS E ZINCO (MG KG ⁻¹), EM AMOSTRAS DE PEIXES, NAS FASES DO EMPREENDIMENTO (RIO, ENCHIMENTO E OPERATIVA), POR PERÍODOS HIDROLÓGICOS (SECA DE 2009 A 2015 E ENCHENTE, CHEIA E VAZANTE DE 2010 A 2016) E ENTRE ESTES FATORES.	194
QUADRO 2-38 – <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO AOS INDICADORES DE DESEMPENHO.	201
QUADRO 3-1– <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO ÀS PROPOSTAS DE INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS.	202
QUADRO 4-1 – CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DO SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ELEMENTOS TRAÇO.	204
QUADRO 5-1 – PROPOSTA DE PONTOS DE AMOSTRAGEM COM DESCRIÇÕES E COORDENADAS GEOGRÁFICAS REFERENTES AO PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DE MERCÚRIO NO ÂMBITO SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ELEMENTOS TRAÇO DA UHE JIRAU.	207





QUADRO 5-2– PROPOSTA DE CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DO SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ELEMENTOS TRAÇO	210
QUADRO 6-1– EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA.	211



1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório de acompanhamento **SEMESTRAL**, que subsidia a solicitação da renovação da LO nº 1097/2012, tem por objetivo descrever as atividades desenvolvidas no período de 26/09/2009 a 31/03/2016 e os resultados consolidados no período da LO nº 1097/2012, no âmbito do **PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO - SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ELEMENTOS TRAÇO** da Usina Hidrelétrica Jirau (UHE Jirau), por meio da OI nº **016/16** celebrado entre a Energia Sustentável do Brasil S.A. (ESBR) e a **Venturo Consultoria Ambiental LTDA**.

2 SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ELEMENTOS TRAÇO

2.1 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS

No **Quadro 2-1** e **Quadro 2-2** são apresentadas as informações referentes aos objetivos estabelecidos no subprograma.

Quadro 2-1– Status de atendimento ao objetivo geral.

OBJETIVO GERAL	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
Efetuar monitoramento ambiental na área de influência direta e indireta do AHE Jirau das concentrações dos elementos traços arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), níquel (Ni), manganês (Mn), selênio (Se) e zinco (Zn), visando prognosticar e mensurar as possíveis modificações na distribuição destes elementos advindas das transformações do ambiente, decorrentes da implantação e operação do empreendimento.	Atendido	<p>Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as amostras de água superficial e sedimento de fundo foram coletadas trimestralmente nos períodos hidrológicos de cheia, vazante, seca e enchente, as amostras de perfis de solo foram coletadas semestralmente nos períodos hidrológicos de enchente e vazante.</p> <p>Na fase de enchimento do reservatório (período hidrológico de seca 2012 à cheia de 2014) as amostras de água superficial e sedimento de fundo foram coletadas trimestralmente nos períodos hidrológicos de cheia, vazante, seca e enchente, as amostras de perfis de solo foram coletadas semestralmente nos períodos hidrológicos de enchente e vazante.</p> <p>Na fase operativa (período hidrológico de vazante de 2014 à enchente de 2016) as amostras de água superficial e sedimento de fundo foram coletadas trimestralmente nos períodos hidrológicos de cheia, vazante, seca e enchente, as amostras de perfis de solo foram coletadas</p>

		<p>semestralmente nos períodos hidrológicos de enchente e vazante. As amostras de peixes bioindicadores são disponibilizadas trimestralmente pela interface com o Programa de Conservação da Ictiofauna enquanto os espécimes de peixes de relevante consumo pela população ribeirinha são adquiridos nas comunidades ribeirinhas diretamente dos pescadores da região.</p> <p>Devido à complexidade do rio Madeira, métodos estatísticos univariados, multivariados e geoestatísticos têm sido ferramentas estatísticas muito importantes na validação das relações de causa e efeito. Todas as informações geradas no monitoramento do meio abiótico e biótico são compiladas em um banco de dados relacional por meio dos softwares Microsoft Access, StatView e ArcGIS, e estão disponíveis no Sistema de Gerenciamento de Informações Georreferenciadas (SiSGIG) da UHE Jirau.</p>
--	--	---

Quadro 2-2– Status de atendimento aos objetivos específicos.

OBJETIVO ESPECÍFICO	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
<p>Quantificar os teores dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn nas matrizes ambientais nos compartimentos bióticos e abióticos da bacia do rio Madeira e tributários.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as amostras de água superficial e sedimento de fundo foram coletadas trimestralmente em 21 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 33 pontos de amostragem.</p> <p>Na fase de enchimento do reservatório (período hidrológico de seca 2012 à cheia de 2014) foram coletadas trimestralmente em 31 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 43 pontos de amostragem.</p> <p>Na fase operativa (período hidrológico de vazante de 2014 à enchente de 2016) foram coletadas trimestralmente em 45 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) e em 10 nas regiões lóxicos, além disso foram adicionados o igarapé Raul (P21-RAU) e o</p>



		<p>Ponto de Captação (P22-P. CAP). As amostras de solo foram coletadas semestralmente em 14 pontos nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante do ciclo hidrológico. As amostras de peixes bioindicadores são disponibilizadas pela interface com o Programa de Conservação da Ictiofauna enquanto os espécimes de peixes de relevante consumo pela população ribeirinha são adquiridos nas comunidades ribeirinhas diretamente dos pescadores da região. Conforme Ofício nº 02001.013048/2013-26 DILIC/IBAMA, através do qual o IBAMA encaminhou a avaliação do atendimento da condicionante 2.4 da LO 1097/2012 e aos itens 1.6 "l" e "m" do Ofício 1066/2012, foi deferida a permanência das campanhas de campo em caráter trimestral durante a fase de enchimento e estabilização do reservatório da UHE Jirau.</p>
<p>Determinar um nível de referência regional dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn nos compartimentos abióticos e bióticos, através de dados secundários, da bacia do rio Madeira ao qual o monitoramento das áreas de influência direta e indireta do empreendimento será balizado nos estudos temporais.</p>	<p>Em atendimento</p>	<p>O monitoramento dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn nos compartimentos abióticos e bióticos feito na fase rio do empreendimento no período de setembro de 2009 (1ª campanha de campo) à julho de 2012 (12ª campanha de campo) possibilitou a formação de um banco de dados composto por campanhas de campo referentes aos níveis basais dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn nas áreas de influência direta e indireta do empreendimento. Este importante banco de dados regional possibilitou o balizamento do Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço durante as fases de implementação do reservatório e operação da UHE Jirau.</p>
<p>Quantificar nos corpos d'água da área de estudo as principais variáveis físicas e químicas, considerando as variáveis hidrológicas e os parâmetros do Programa de Monitoramento Limnológico.</p>	<p>Atendido</p>	<p>A interface com o Programa de Monitoramento Limnológico possibilita campanhas de campo integradas com este subprograma e a obtenção das informações das principais variáveis físicas e químicas.</p>
<p>Estruturar um banco de dados georreferenciado dos níveis dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn nos compartimentos bióticos e abióticos.</p>	<p>Atendido</p>	<p>Todas as informações geradas no monitoramento do meio abiótico e biótico são compiladas em um banco de dados relacional por meio dos softwares Microsoft Access, StatView e ArcGIS. Além disso, estas informações estão disponíveis no Sistema de Gerenciamento de Informações Georreferenciadas (SiSGIG) da UHE Jirau.</p>



<p>Utilizar métodos estatísticos univariados, multivariados e geoestatísticos como ferramenta para o monitoramento dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em todas as fases do empreendimento visando sua capacidade preditiva.</p>	<p>Atendido</p>	<p>A complexidade do rio Madeira exige a necessidade de técnicas que possibilitem uma análise conjunta das informações biogeoquímicas dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn e suas interações durante o ciclo hidrológico e ao longo da teia trófica. Neste contexto, os métodos estatísticos univariados, multivariados e geoestatísticos têm sido ferramentas estatísticas muito importantes na validação das relações de causa e efeito.</p>
--	-----------------	---



2.2 ATENDIMENTO ÀS METAS

O **Quadro 2-3** apresenta o *status* de atendimento para as metas do subprograma.

Quadro 2-3 – *Status* de atendimento às metas.

METAS	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
<p>Mensurar variáveis hidrológicas e parâmetros físico-químicos na coluna d'água em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, trimestralmente considerando as variáveis hidrológicas em todas as fases do empreendimento.</p>	<p>Atendido</p>	<p>As informações das variáveis hidrológicas e parâmetros físico-químicos na coluna d'água foram feitas na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) trimestralmente em 21 pontos de monitoramento georrefenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 33 pontos de amostragem. Na fase de enchimento do reservatório (período hidrológico de seca 2012 à cheia de 2014) foram feitas trimestralmente em 31 pontos de monitoramento georrefenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 43 pontos de amostragem. Na fase operativa (período hidrológico de vazante de 2014 à enchente de 2016) foram coletadas trimestralmente em 45 pontos de monitoramento georrefenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) e 10 são lóticos, além disso foram adicionados o igarapé Raul (P21-RAU) e o Ponto de Captação (P22-P. CAP).</p>
<p>Realizar análises dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em amostras de água superficial em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, trimestralmente considerando as variáveis hidrológicas em todas as fases do empreendimento.</p>	<p>Atendido</p>	<p>As análises dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em amostras de água superficial foram feitas na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) trimestralmente em 21 pontos de monitoramento georrefenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 33 pontos de amostragem. Na fase de enchimento do reservatório (período hidrológico de seca 2012 à cheia de 2014) foram feitas trimestralmente em 31 pontos de monitoramento georrefenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 43 pontos de amostragem. Na fase operativa (período hidrológico de vazante de 2014 à enchente de 2016) foram coletadas trimestralmente em 45 pontos de monitoramento georrefenciados, sendo que em</p>



		06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) e em 10 pontos nas regiões lóxicas dos principais igarapés, além disso foram adicionados o igarapé Raul (P21-RAU) e o Ponto de Captação (P22-P. CAP).
Realizar análises dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em amostras de solos em estações amostrais em áreas de pulso de inundações sendo uma (01) na região da estação amostral do rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, dez (10) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, semestralmente em todas as fases do empreendimento.	Atendido	As análises dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em perfil de solos em estações amostrais em áreas de pulso de inundação foram feitas nos períodos hidrológicos de enchente e vazante.
Realizar análises dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em sedimentos nas estações de coleta sendo uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, trimestralmente considerando as variáveis hidrológicas em todas as fases do empreendimento.	Atendido	As análises dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em sedimento foram feitas na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) trimestralmente em 21 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 33 pontos de amostragem. Na fase de enchimento do reservatório (período hidrológico de seca 2012 à cheia de 2014) foram analisados os elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn trimestralmente em 31 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) gerando 43 pontos de amostragem. Na fase operativa (período hidrológico de vazante de 2014 à enchente de 2016) foram coletadas trimestralmente em 45 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 (seis) pontos foram realizados estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda) e 10 pontos nas regiões lóxicas dos principais igarapés, além disso foram adicionados o igarapé Raul (P21-RAU) e o Ponto de Captação (P22-P. CAP). Conforme Ofício nº 02001.013048/2013-26 DILIC/IBAMA, através do qual o IBAMA encaminhou a avaliação do atendimento da condicionante 2.4 da LO 1097/2012 e aos itens 1.6 "l" e "m" do Ofício 1066/2012, foi deferida a permanência das campanhas de campo em caráter trimestral durante a fase



		de enchimento e estabilização do reservatório da UHE Jirau.
Realizar análises dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em peixes, mamíferos aquáticos e semiaquáticos em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, trimestralmente considerando as variáveis hidrológicas em todas as fases do empreendimento.	Atendido	As análises dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em peixes foram feitas trimestralmente nas amostras adquiridas diretamente dos pescadores da área de influência da UHE Jirau e pela interface com o Programa de Conservação da Ictiofauna.
Criar e alimentar um banco de dados georreferenciados para sistematizar as informações decorrentes das campanhas de campo e análise de laboratório dos elementos traço, possibilitando fornecer informações sobre qualidade da água e do pescado.	Atendido	Todas as informações geradas no monitoramento dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn no meio abiótico e biótico são compiladas num banco de dados relacional por meio dos softwares Microsoft Access, StatView e ArcGIS. Além disso, estas informações estão disponíveis no Sistema de Gerenciamento de Informações Georreferenciadas (SiSGIG) da UHE Jirau.
Integrar dados do Programa de Monitoramento Limnológico, do Programa de Conservação da Ictiofauna, do Programa de Conservação da Fauna (Subprograma da Mastofauna Aquática) e do Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas para avaliar o fenômeno de biomagnificação nas guildas tróficas da ictiofauna.	Em atendimento	A complexidade do rio Madeira exige a necessidade de técnicas que possibilitem uma análise conjunta das informações biogeoquímicas dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn e suas interações, durante o ciclo hidrológico e ao longo da teia trófica. Neste contexto, os métodos estatísticos univariados, multivariados e geoestatísticos têm sido ferramentas estatísticas muito importantes na validação das relações de causa e efeito

2.3 ATIVIDADES REALIZADAS NO SEMESTRE

No Programa de Monitoramento Limnológico – Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço, as quantificações das concentrações de arsênio (As), cádmio (Cd), crômio (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), selênio (Se) e zinco (Zn) na água superficial, sedimento de fundo e peixes foram feitas trimestralmente, durante os períodos de seca, enchente, cheia e vazante, enquanto que as análises de elementos traço no solo são feitas semestralmente durante os períodos de enchente e vazante. Até o momento, estas análises foram feitas na fase rio do empreendimento, no período de setembro de 2009 (1ª campanha de campo) a julho de 2012 (12ª campanha de campo), na fase enchimento do reservatório, no período de outubro de 2012 (13ª campanha de campo) a maio de 2014 (19ª campanha de campo), e na fase operativa, no período de julho de 2014 (20ª campanha de campo) a cheia de 2016 (27ª campanha de campo), contudo, os dados da 27ª campanha serão apresentados no próximo relatório consolidado.

No período de 01/11/2015 a 31/03/2016, foi feita a 26ª campanha de campo ambiental (26/01 a 31/01/2016), para coleta de amostras de água superficial, sedimento de fundo, perfil de solo e peixe. Ainda neste período, foram feitas as determinadas das concentrações dos elementos traço: arsênio (As), cádmio (Cd), crômio (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), zinco (Zn) e selênio (Se) nestas amostras.

2.4 RESULTADOS CONSOLIDADOS DO PERÍODO DA LO Nº 1097/2012

As atividades de campo dos estudos ambientais do Subprograma de Monitoramento de Elementos Traços da UHE Jirau foram desenvolvidas no período de setembro de 2009 a abril de 2016 (**Quadro 2-4**).

Quadro 2-4 – Campanhas realizadas no âmbito do Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço da UHE Jirau, por fases do empreendimento e períodos hidrológicos

FASES	CAMPANHAS	MÊS/ANO	DATAS	PERÍODOS HIDROLÓGICOS
Fase rio	1ª	Set/2009	26/09 a 30/09/2009	Seca
	2ª	Jan/2010	06/01 a 15/01/2010	Enchente
	3ª	Abr/2010	05/04 a 16/04/2010	Cheia
	4ª	Jul/2010	08/07 a 22/07/2010	Vazante
	5ª	Out/2010	06/10 a 22/10/2010	Seca
	6ª	Jan/2011	06/01 a 22/01/2011	Enchente
	7ª	Abr/2011	11/04 a 02/05/2011	Cheia
	8ª	Jul/2011	01/07 a 06/07/2011	Vazante
	9ª	Out/2011	04/10 a 15/10/2011	Seca
	10ª	Jan/2012	09/01 a 20/01/2012	Enchente
	11ª	Abr/2012	02/04 a 15/04/2012	Cheia
	12ª	Jul/2012	02/07 a 13/07/2012	Vazante
Fase enchimento	13ª	Out/2012	20/10 a 28/10/2012	Seca
	14ª	Jan/2013	17/01 a 31/01/2013	Enchente
	15ª	Abr/2013	01/04 a 15/04/2013	Cheia
	16ª	Jul/2013	01/07 a 15/07/2013	Vazante
	17ª	Out/2013	01/10 a 15/10/2013	Seca
	18ª	Jan/2014	18/01 a 25/01/2014	Enchente
	19ª	Mai/2014	09/05 a 16/05/2014	Cheia

Quadro 2-4 – Campanhas realizadas no âmbito do Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço da UHE Jirau, por fases do empreendimento e períodos hidrológicos – Continuação.

FASES	CAMPANHAS	MÊS/ANO	DATAS	PERÍODOS HIDROLÓGICOS
Fase operativa	20 ^a	Jul/2014	20/07 a 31/07/2014	Vazante
	21 ^a	Out/2014	13/10 a 24/10/2014	Seca
	22 ^a	Jan/2015	13/01 a 18/01/2015	Enchente
	23 ^a	Abr/2015	05/04 a 14/04/2015	Cheia
	24 ^a	Jul/2015	11/07 a 19/07/2015	Vazante
	25 ^a	Out/2015	09/10 a 15/10/2015	Seca
	26 ^a	Jan/2016	26/01 a 31/01/2016	Enchente
	27 ^a	Abr/2016	05/04 a 11/04/2016	Cheia*

*Os resultados da 27^a campanha ambiental ainda estão sendo analisados, portanto, serão apresentados apenas no próximo relatório de acompanhamento.

2.4.1 Concentrações de elementos traço em água superficial

As concentrações de arsênio (As), cádmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni), chumbo (Pb) e selênio (Se) nas amostras de água superficial na calha do rio Madeira e nos tributários foram menores que 0,005 mg L⁻¹.

As concentrações do elemento manganês (Mn) em amostras de água superficial coletadas na bacia do rio Madeira durante as fases rio, enchimento e operativa, estão apresentadas no **Quadro 2-5**.

Quadro 2-5 – Concentrações (mg L⁻¹) de Mn nas amostras de água superficial coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa.

PONTOS	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP	MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP	MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP
P1-MAM	Calha	0,057	0,073	0,051	0,177	0,159	0,088	0,108	0,106	0,047
P1.2-BENI	Calha	0,166	0,293	0,338	0,254	0,254	0,066	0,179	0,168	0,073
P2-MAD 1 ^a	Calha	0,148	0,156	0,094	0,184	0,234	0,158	0,185	0,142	0,073
P2-MAD 1B	Calha	0,167	0,183	0,092	0,241	0,250	0,059	0,195	0,171	0,091
P2-MAD 1C	Calha	0,192	0,192	0,098	0,197	0,216	0,073	0,185	0,155	0,077
P3-RIB	Tributário	0,015	0,016	0,002	0,150	0,210	0,163	0,203	0,216	0,146
P4-ARA	Tributário	0,021	0,021	0,003	0,123	0,204	0,146	0,208	0,218	0,105
P5-ABU	Tributário	0,048	0,053	0,018	0,099	0,171	0,130	0,137	0,156	0,065
P6-MAD 2 ^a	Calha	0,175	0,189	0,111	0,215	0,231	0,057	0,156	0,143	0,043
P6-MAD 2B	Calha	0,168	0,169	0,101	0,256	0,261	0,097	0,164	0,158	0,075
P6-MAD 2C	Calha	0,119	0,152	0,086	0,189	0,188	0,035	0,179	0,169	0,087
P7-SIZ 1	Tributário	0,125	0,102	0,081	0,302	0,326	0,152	0,196	0,231	0,127
P7-SIZ 2	Tributário	-	-	-	0,095	0,220	0,243	0,182	0,238	0,144
P8-SIM 1	Tributário	0,035	0,035	0,016	0,296	0,292	0,113	0,216	0,206	0,096
P8-SIM 2	Tributário	-	-	-	0,245	0,285	0,136	0,221	0,228	0,092
P9-MAD 3 ^a	Calha	0,093	0,112	0,083	0,221	0,231	0,103	0,131	0,136	0,055
P9-MAD 3B	Calha	0,127	0,144	0,084	0,269	0,240	0,107	0,129	0,153	0,067
P9-MAD 3C	Calha	0,113	0,112	0,055	0,194	0,208	0,099	0,164	0,155	0,066
P10-CAS 1	Tributário	0,056	0,056	0,043	0,227	0,320	0,197	0,294	0,260	0,175
P10-CAS 2	Tributário	-	-	-	0,427	0,494	0,265	0,315	0,311	0,169
P11-MTP 1 ^a	Tributário	0,034	0,032	0,024	0,084	0,178	0,194	0,217	0,222	0,119
P11-MTP 1B	Tributário	-	-	-	0,153	0,226	0,225	0,186	0,207	0,107
P12-COT 1	Tributário	0,018	0,018	0,008	0,285	0,275	0,084	0,166	0,173	0,116

Quadro 2-5 – Concentrações (mg L⁻¹) de Mn nas amostras de água superficial coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa – Continuação.

PONTOS	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP	MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP	MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP
P12-COT 2	Tributário	-	-	-	0,065	0,151	0,166	0,179	0,184	0,108
P13-MUT 1 ^a	Lago	0,108	0,118	0,020	0,153	0,241	0,243	0,285	0,262	0,170
P13-MUT 1B	Lago	-	-	-	0,171	0,254	0,240	0,294	0,273	0,168
P13-MUT 1C	Lago	-	-	-	0,079	0,231	0,263	0,285	0,255	0,176
P14-MAD 4 ^a	Calha	0,100	0,128	0,085	0,294	0,307	0,047	0,185	0,199	0,096
P14-MAD 4B	Calha	0,130	0,136	0,077	0,231	0,246	0,061	0,185	0,197	0,087
P14-MAD 4C	Calha	0,166	0,159	0,079	0,286	0,306	0,096	0,231	0,235	0,107
P15-LOU 1	Tributário	0,023	0,028	0,021	0,159	0,236	0,204	0,193	0,223	0,125
P15-LOU 2	Tributário	-	-	-	0,154	0,238	0,220	0,216	0,259	0,141
P16-CAI 1	Tributário	0,162	0,131	0,079	0,249	0,264	0,078	0,148	0,180	0,083
P16-CAI 2	Tributário	-	-	-	0,049	0,156	0,157	0,199	0,238	0,079
P17-JIR 1	Tributário	0,019	0,016	0,006	0,222	0,238	0,107	0,167	0,182	0,102
P17-JIR 2	Tributário	-	-	-	0,192	0,293	0,307	0,156	0,209	0,124
P18-MAD 5A	Calha	0,122	0,121	0,085	0,272	0,250	0,056	0,149	0,165	0,066
P18-MAD 5B	Calha	0,112	0,125	0,079	0,246	0,243	0,087	0,146	0,174	0,080
P18-MAD 5C	Calha	0,154	0,133	0,081	0,330	0,294	0,115	0,164	0,186	0,078
P19-MAD 6A	Calha	0,102	0,116	0,073	0,211	0,258	0,121	0,189	0,195	0,092
P19-MAD 6B	Calha	0,099	0,120	0,075	0,226	0,222	0,087	0,181	0,192	0,103
P19-MAD 6C	Calha	0,088	0,117	0,078	0,181	0,212	0,115	0,149	0,161	0,076
P20-MTP 2	Tributário	0,021	0,023	0,014	0,192	0,245	0,116	0,263	0,263	0,166

Quadro 2-5 – Concentrações (mg L⁻¹) de Mn nas amostras de água superficial coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa – Continuação.

PONTOS	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP	MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP	MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP
P21- P.CAP	Tributário	-	-	-	0,227	0,259	0,094	0,184	0,161	0,080
P22-RAU	Tributário	-	-	-	-	-	-	0,154	0,165	0,062

*DP: Desvio Padrão.

Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as concentrações de manganês (Mn) nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 0,112 e média $0,102 \pm 0,095$ mg L⁻¹, enquanto que nos tributários a mediana foi 0,029 e a média foi $0,029 \pm 0,040$ mg L⁻¹. Na fase de enchimento do empreendimento (período hidrológico de seca 2012 à cheia de 2014) as concentrações de Mn nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 0,239 e média $0,230 \pm 0,082$ mg L⁻¹, enquanto que nos tributários a mediana foi 0,254 e a média foi $0,273 \pm 0,185$ mg L⁻¹. Na fase operativa do empreendimento (vazante de 2014 à enchente de 2016) a concentração mediana de Mn nas amostras de água coletadas na calha do rio Madeira foi 0,164 e a média foi $0,168 \pm 0,078$ mg L⁻¹, enquanto que nos tributários a mediana foi 0,188 e a média foi $0,221 \pm 0,124$ mg L⁻¹. Pode-se inferir que as concentrações medianas de manganês aumentaram da fase rio para a fase enchimento e logo em seguida diminuíram na fase operativa, tanto na calha quanto nos tributários do rio Madeira. Além disso, os resultados mostram grande variabilidade das concentrações de manganês tanto na calha quanto nos tributários, conforme pode ser observado nos desvios padrões e no boxplot abaixo (**Figura 2-1**). Na fase rio do empreendimento as concentrações medianas de manganês na calha foram superiores aos dos tributários, enquanto que nas fases enchimento e operativa as concentrações foram maiores nos tributários quando comparados à calha do rio Madeira.

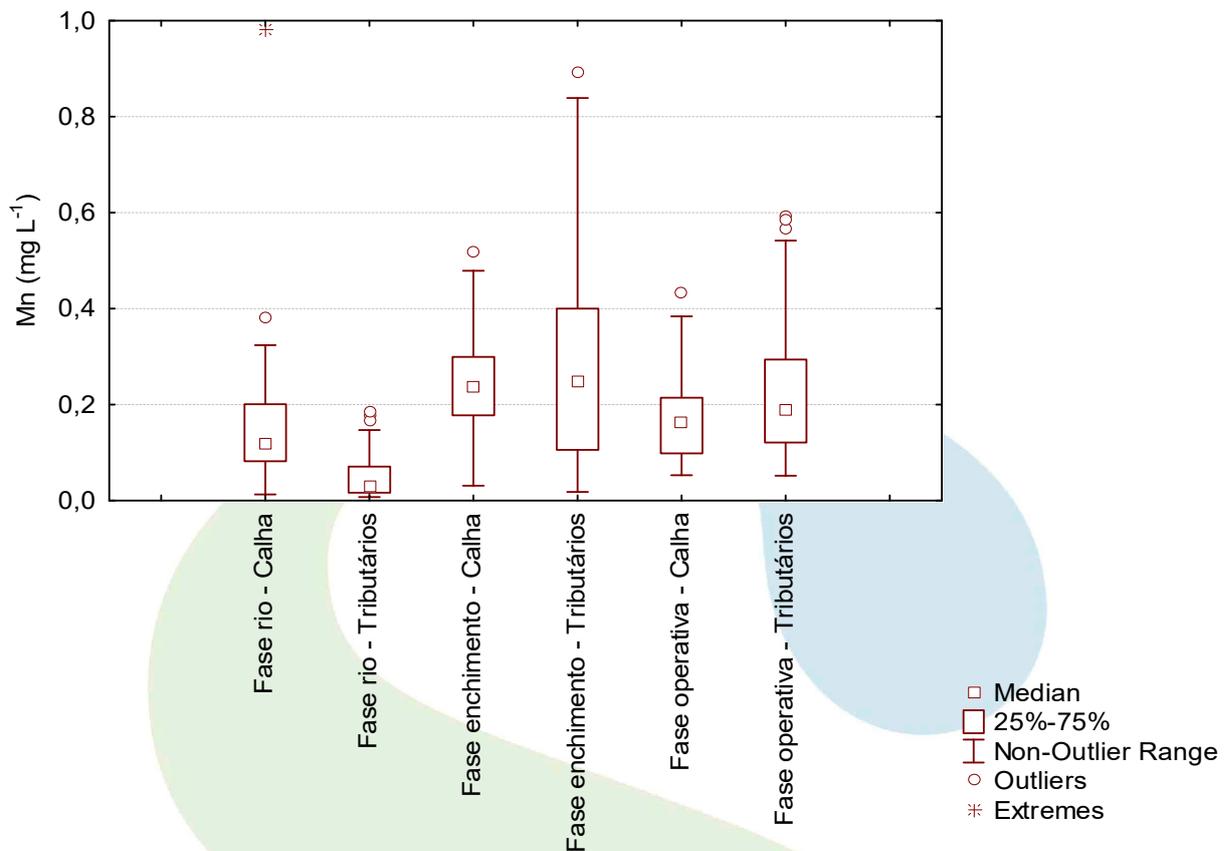


Figura 2-1 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) nas amostras de água coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa).

As concentrações do elemento zinco (Zn) em amostras de água superficial coletadas na bacia do rio Madeira durante as fases rio, enchimento e operativa, estão apresentadas no **Quadro 2-6**.

Quadro 2-6 – Concentrações (mg L^{-1}) de Zn nas amostras de água superficial coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa.

PONTOS	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP	MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP	MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP
P1-MAM	Calha	0,013	0,023	0,028	0,024	0,025	0,012	0,023	0,022	0,009
P1.2-BENI	Calha	0,022	0,025	0,011	0,044	0,044	0,001	0,039	0,040	0,010



Quadro 2-6 – Concentrações (mg L⁻¹) de Zn nas amostras de água superficial coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa – Continuação.

PONTOS	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP	MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP	MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP
P2-MAD 1A	Calha	0,027	0,028	0,011	0,034	0,034	0,022	0,024	0,023	0,003
P2-MAD 1B	Calha	0,029	0,032	0,008	0,051	0,055	0,016	0,022	0,022	0,005
P2-MAD 1C	Calha	0,024	0,026	0,012	0,040	0,039	0,005	0,031	0,029	0,004
P3-RIB	Tributário	0,012	0,015	0,006	0,014	0,015	0,005	0,019	0,022	0,011
P4-ARA	Tributário	0,130	0,130	0,174	0,031	0,032	0,013	0,034	0,029	0,014
P5-ABU	Tributário	0,010	0,032	0,055	0,034	0,038	0,012	0,058	0,056	0,012
P6-MAD 2A	Calha	0,035	0,031	0,016	0,047	0,040	0,016	0,028	0,027	0,006
P6-MAD 2B	Calha	0,021	0,027	0,014	0,027	0,030	0,009	0,025	0,025	0,004
P6-MAD 2C	Calha	0,025	0,033	0,023	0,049	0,046	0,012	0,034	0,034	0,005
P7-SIZ 1	Tributário	0,025	0,022	0,006	0,045	0,044	0,010	0,036	0,037	0,016
P7-SIZ 2	Tributário	-	-	-	0,035	0,039	0,012	0,047	0,048	0,017
P8-SIM 1	Tributário	0,021	0,021	0,010	0,026	0,032	0,012	0,019	0,025	0,014
P8-SIM 2	Tributário	-	-	-	0,044	0,048	0,024	0,028	0,035	0,018
P9-MAD 3A	Calha	0,027	0,033	0,021	0,045	0,049	0,012	0,021	0,022	0,006
P9-MAD 3B	Calha	0,021	0,028	0,020	0,043	0,042	0,017	0,016	0,017	0,004
P9-MAD 3C	Calha	0,025	0,026	0,016	0,052	0,045	0,018	0,019	0,019	0,003
P10-CAS 1	Tributário	0,020	0,020	0,004	0,054	0,055	0,007	0,034	0,035	0,009
P10-CAS 2	Tributário	-	-	-	0,101	0,138	0,116	0,033	0,039	0,013
P11-MTP 1A	Tributário	0,013	0,025	0,022	0,038	0,036	0,011	0,025	0,039	0,050
P11-MTP 1B	Tributário	-	-	-	0,029	0,032	0,010	0,029	0,049	0,059
P12-COT 1	Tributário	0,080	0,080	0,072	0,028	0,031	0,012	0,045	0,072	0,061
P12-COT 2	Tributário	-	-	-	0,028	0,032	0,012	0,047	0,063	0,041
P13-MUT 1A	Lago	0,012	0,032	0,040	0,040	0,043	0,007	0,038	0,045	0,018
P13-MUT 1B	Lago	-	-	-	0,043	0,045	0,008	0,033	0,045	0,027

Quadro 2-6 – Concentrações (mg L⁻¹) de Zn nas amostras de água superficial coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa – Continuação.

PONTOS	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP	MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP	MEDIA-NA	MÉ-DIA	DP
P13-MUT 1C	Lago	-	-	-	0,041	0,042	0,006	0,045	0,049	0,021
P14-MAD 4A	Calha	0,026	0,028	0,017	0,049	0,176	0,205	0,025	0,026	0,007
P14-MAD 4B	Calha	0,022	0,031	0,029	0,036	0,038	0,006	0,029	0,028	0,007
P14-MAD 4C	Calha	0,022	0,034	0,030	0,041	0,033	0,014	0,027	0,029	0,005
P15-LOU 1	Tributário	0,020	0,051	0,064	0,037	0,040	0,007	0,033	0,032	0,008
P15-LOU 2	Tributário	-	-	-	0,036	0,035	0,004	0,042	0,039	0,014
P16-CAI 1	Tributário	0,016	0,022	0,016	0,054	0,051	0,016	0,037	0,032	0,013
P16-CAI 2	Tributário	-	-	-	0,036	0,037	0,005	0,039	0,036	0,015
P17-JIR 1	Tributário	0,019	0,031	0,026	0,042	0,041	0,006	0,054	0,057	0,014
P17-JIR 2	Tributário	-	-	-	0,025	0,029	0,011	0,068	0,065	0,010
P18-MAD 5A	Calha	0,018	0,022	0,016	0,058	0,060	0,017	0,034	0,035	0,011
P18-MAD 5B	Calha	0,023	0,025	0,017	0,061	0,063	0,017	0,029	0,030	0,003
P18-MAD 5C	Calha	0,020	0,025	0,019	0,065	0,063	0,017	0,028	0,029	0,006
P19-MAD 6A	Calha	0,023	0,027	0,019	0,039	0,038	0,011	0,034	0,032	0,004
P19-MAD 6B	Calha	0,025	0,025	0,017	0,046	0,043	0,007	0,029	0,030	0,004
P19-MAD 6C	Calha	0,020	0,028	0,024	0,044	0,136	0,146	0,033	0,033	0,004
P20-MTP 2	Tributário	0,020	0,020	0,009	0,058	0,057	0,011	0,039	0,045	0,019
P21- P.CAP	Tributário	-	-	-	0,057	0,059	0,021	0,037	0,039	0,014
P22-RAU	Tributário	-	-	-	-	-	-	0,034	0,037	0,010

*DP: Desvio Padrão.

Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as concentrações de zinco (Zn) nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 0,02 e média $0,023 \pm 0,019$ mg L⁻¹ e nos tributários a mediana foi 0,02 e a média foi $0,017 \pm 0,032$ mg L⁻¹. Na fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de seca de 2012 à cheia de 2013) as

concentrações de Zn nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 0,038 e média $0,039 \pm 0,016 \text{ mg L}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi 0,038 e a média foi $0,042 \pm 0,031 \text{ mg L}^{-1}$. Na fase operativa do empreendimento (vazante de 2014 à enchente de 2016) as concentrações de Zn nas amostras de água coletadas na calha do rio Madeira apresentaram mediana 0,027 e valor médio $0,027 \pm 0,008 \text{ mg L}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi 0,038 e o valor médio foi $0,043 \pm 0,027 \text{ mg L}^{-1}$. Pode-se inferir que as concentrações médias de zinco tiveram tendência de aumento da fase rio para a fase enchimento, em seguida, uma pequena diminuição na fase operativa, tanto na calha quanto nos tributários do rio Madeira, comportamento esperado para um reservatório recém-alagado onde há maior disponibilidade de elementos traço. Além disso, os resultados mostram grande variabilidade das concentrações de zinco tanto nos tributários quanto na calha do rio Madeira, conforme pode ser observado nos desvios padrões e no boxplot abaixo (**Figura 2-2**). Nas fases rio e enchimento do reservatório as concentrações medianas de zinco na calha foram superiores aos dos tributários, enquanto que na fase operativa as concentrações foram maiores nos tributários quando comparados à calha do rio Madeira. Para melhor visualização dos dados foram removidos do gráfico o igarapé Araras (P4-ARA) da cheia de 2012, o igarapé Castanho lóxico (P10-CAS 2) da seca de 2012 e da cheia de 2013, o rio Madeira 4 na margem direita (P14-MAD 4A) da seca de 2012 e cheia de 2013, o Madeira 6 margem esquerda (P19-MAD 6C) da seca de 2012 e cheia de 2013, e os rios Mutum Paraná lóxico (P11-MTP 1B) e Cotia lântico (P12-COT 1) da enchente de 2016, devido aos seus valores anômalos (0,253, 0,236, 0,315, 0,408, 0,471, 0,299, 0,349, 0,183 e 0,202 mg L^{-1} , respectivamente), estes valores representam apenas 1% dos valores analisados.



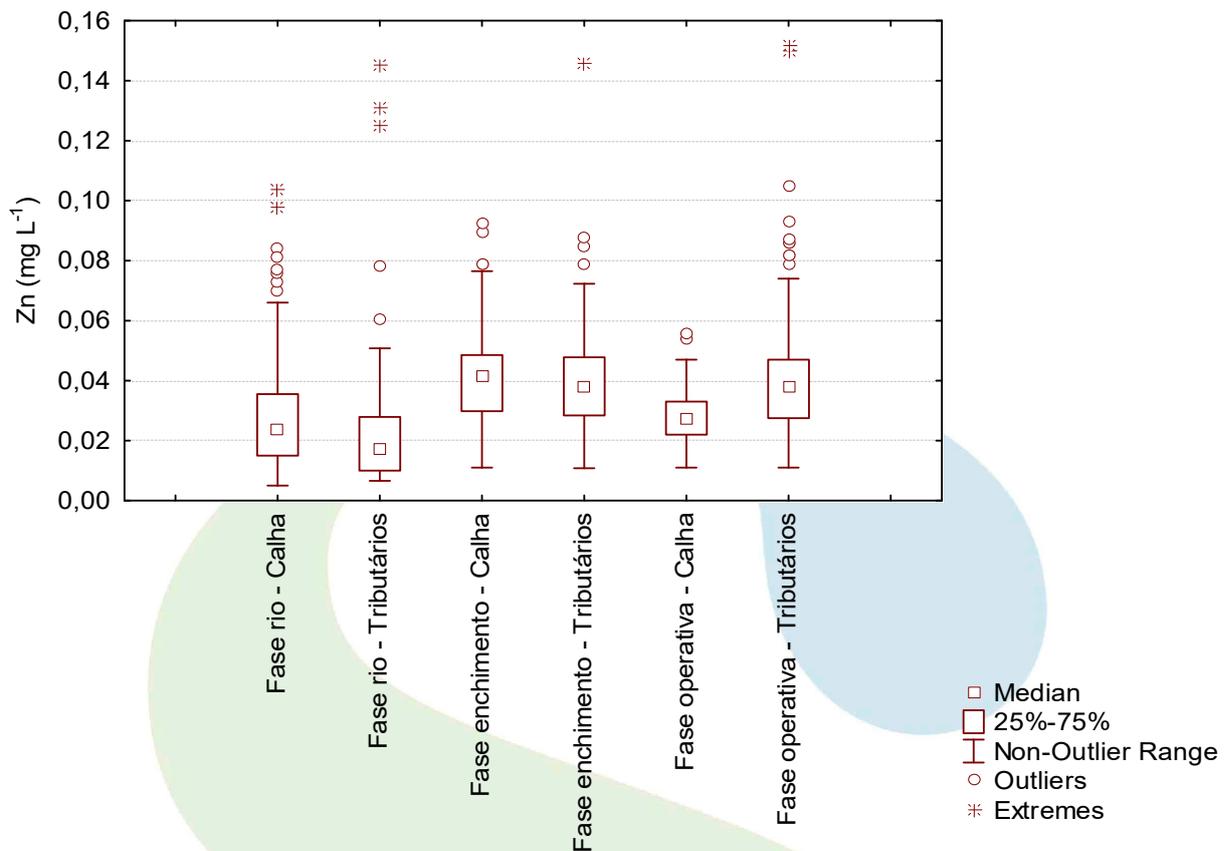


Figura 2-2 – Boxplot das concentrações de zinco nas amostras de água coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa).

A Resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre as classificações dos corpos de água e as diretrizes ambientais para seu enquadramento, preconiza para sistema de água doce de classe II o padrão de 0,010 mg L⁻¹ As; 0,001 mg L⁻¹ Cd; 0,05 mg L⁻¹ Cr; 0,01 mg L⁻¹ Mn; 0,025 mg L⁻¹ Ni; 0,001 mg L⁻¹ Pb; 0,01 mg L⁻¹ Se e 0,18 mg L⁻¹ para Zn. A Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde em seu anexo VII, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e o padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam riscos à saúde, preconizando os seguintes padrões de aceitação para o consumo humano: 0,01 mg L⁻¹ As; 0,005 mg L⁻¹ Cd; 0,05 mg L⁻¹ Cr; 0,07 mg L⁻¹ Ni; 0,01 mg L⁻¹ Pb e 0,01 mg L⁻¹ Se.



Os estudos temporais indicam maiores aportes de Mn e Zn nos tributários e na calha do rio Madeira, possivelmente devido ao aumento da área permanentemente alagada. Entretanto, as concentrações de elementos traço encontrados nas amostras analisadas atendem os valores preconizados pela legislação brasileira, com exceção de alguns valores anômalos para o Zn. No que se refere as concentrações de Mn, seus valores acima do preconizados para um corpo de Classe II estão associadas à geologia local e está fartamente documentado (ELBAZ-POULICHET et al., 1999; HORBE et al. 2013; KONHAUSER, et al., 1994; SEYLER & BOAVENTURA, 2003), sendo este comportamento observado desde a fase rio do empreendimento.

2.4.2 Concentrações de elementos traço em amostras de solo

Conforme consta no Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico (PMH), as determinações das concentrações dos elementos traços em perfil de solos amostrados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira e seus afluentes são realizados semestralmente em todas as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa). As amostras de solo foram coletadas próximo às margens do rio Madeira e seus afluentes, considerando os seguintes aspectos: áreas alagadas e/ou sazonalmente alagadas, gradientes topográficos e perfis verticais de solo, considerando ainda as diferentes unidades pedológicas.

Considerando a grande heterogeneidade dos solos da região de estudo, as malhas de amostragem foram deslocadas dentro da mesma área de estudo possibilitando maior compreensão do estoque de elementos traço nos diferentes solos da região.

A 1ª malha amostral foi aplicada nas 2ª, 4ª e 22ª campanha de campo, a 2ª malha amostral foi aplicada nas 6ª, 8ª e 24ª campanha de campo, a 3ª malha amostral foi aplicada nas 10ª, 12ª e 26ª campanha de campo, a 4ª malha amostral foi aplicada nas 14ª e 16ª campanha de campo e a 5ª malha amostral foi aplicada nas 18ª e 20ª campanha de campo, conforme apresentado na **Figura 2-3**.



Na fase rio, os perfis de solo foram amostrados em 3 diferentes malhas amostrais (1ª, 2ª e 3ª malha), na fase enchimento os perfis foram amostrados em 2 malhas amostrais (4ª e 5ª malha), e na fase operativa os perfis foram amostrados em 4 malhas amostrais (1ª, 2ª, 3ª e 5ª malha).

O padrão sazonal dominante na bacia Amazônica caracteriza uma sazonalidade de precipitação pluviométrica na bacia, resultando em períodos bem definidos de águas altas e águas baixas. O padrão monomodal de descarga dos rios amazônicos ou pulsos de inundação, combinado com a topografia plana de grande parte da bacia (planície amazônica), inunda e drena anualmente grandes áreas adjacentes aos rios, as quais correspondem às planícies de inundação. As variações do nível hidrológico determinam o pulso sazonal de inundação, o qual causa um ciclo de carreamento de sedimentos e nutrientes pelo canal do rio. O aporte cíclico desses sedimentos determina características peculiares aos ambientes de várzea e aos sistemas conectados a ele, tornando-os altamente produtivos com composição ictiofaunística reconhecidamente de alto valor ecológico.



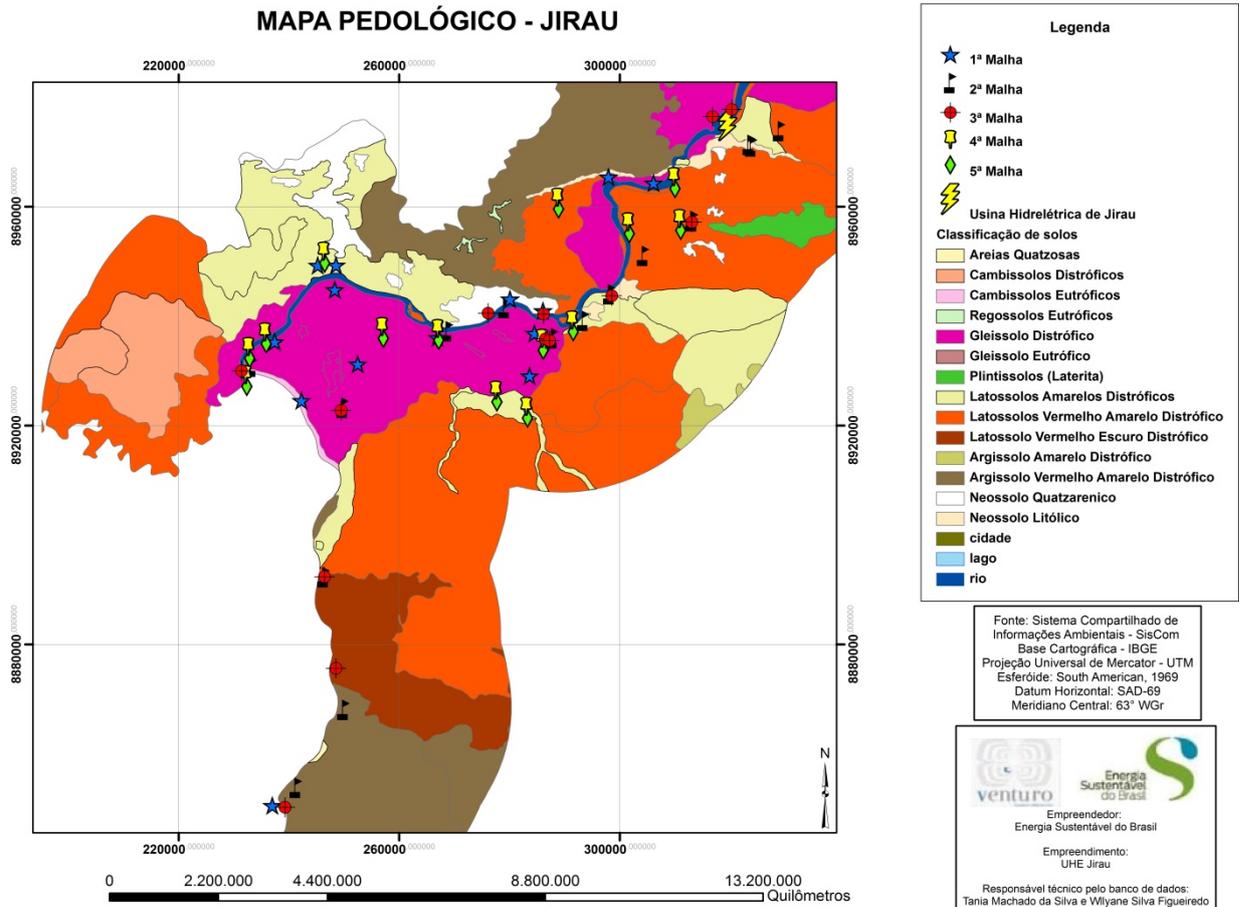


Figura 2-3 – Mapa pedológico dos pontos de solo nas 5 diferentes malhas amostrais na área de influência direta e indireta da UHE Jirau.

As concentrações dos elementos traço em amostras de solo coletadas na bacia do rio Madeira nos períodos de enchente e vazante de 2010 a 2016 estão apresentados resumidamente no **Quadro 2-7**.



Quadro 2-7 – Concentrações (mg kg^{-1}) de As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em perfil de solo (cm) em horizontes coletados na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, período de enchente e vazante de 2010 a 2016.

FASE	CAMPANHA	PERFIL	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Zn
			MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP
Fase Operativa	26 ^a	5	0,78±0,17	3,38±1,11	142,48±54,59	14,27±4,52	4,80±2,20	36,70±9,83
		20	0,73±0,11	3,50±1,23	159,59±62,03	15,93±4,58	5,39±2,31	38,80±10,48
		40	0,77±0,15	3,94±1,32	162,45±54,11	16,25±4,44	6,05±2,70	40,03±11,56
		60	0,73±0,13	3,83±1,75	180,32±57,40	19,43±5,02	6,85±2,63	42,88±12,71
		100	0,72±0,12	3,83±1,45	196,02±59,21	21,57±4,73	8,64±2,86	47,01±13,57
	24 ^a	5	0,61±0,19	4,04±1,18	137,52±83,73	11,59±5,78	6,45±2,87	41,27±13,56
		20	0,63±0,19	4,62±1,33	142,88±85,76	12,22±5,99	6,92±3,06	42,69±13,38
		40	0,66±0,20	4,96±1,43	151,72±90,04	13,32±6,23	7,50±3,32	45,36±14,46
		60	0,69±0,23	5,35±1,69	156,63±92,12	14,63±6,88	8,22±3,84	47,90±13,90
		100	0,71±0,24	5,75±1,68	163,65±94,04	15,65±7,07	8,75±3,71	50,82±13,70
	22 ^a	5	0,56±0,21	3,85±1,15	143,41±80,88	9,68±5,43	3,64±1,33	39,44±13,34
		20	0,57±0,22	3,84±1,12	143,25±82,54	10,08±5,54	3,78±1,38	39,71±13,56
		40	0,60±0,24	4,28±1,19	149,82±86,60	11,18±6,09	4,05±1,50	44,05±15,36
		60	0,63±	4,58±1,31	155,62±85,87	12,17±6,89	4,15±1,58	46,73±15,18
		100	0,62±0,26	4,94±1,39	161,32±89,94	12,67±7,64	3,95±1,62	49,30±16,94

Quadro 2-7 – Concentrações (mg kg^{-1}) de As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em perfil de solo (cm) em horizontes coletados na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, período de enchente e vazante de 2010 a 2016 – Continuação.

FASE	CAMPANHA	PERFIL	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Zn
			MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP
Fase Operativa	20 ^a	5	0,58±0,29	4,63±1,39	154,47±75,80	10,80±4,78	4,84±1,81	47,62±13,27
		20	0,62±0,30	4,98±1,55	163,91±85,53	11,44±5,46	5,33±1,86	49,14±13,34
		40	0,63±0,32	5,25±1,53	169,84±83,76	12,36±5,67	5,57±1,58	52,19±13,47
		60	0,69±0,34	5,53±1,83	170,94±81,58	12,96±5,48	6,17±2,12	55,98±14,11
		100	0,71±0,34	6,27±1,88	181,45±83,82	13,45±5,50	6,65±2,17	59,87±14,15
Fase Enchimento	18 ^a	5	0,68±0,17	5,33±2,73	129,07±103,02	9,77±4,64	10,06±6,12	42,34±19,32
		20	0,73±0,17	5,37±3,23	146,01±114,09	10,89±5,18	10,71±6,20	43,40±20,04
		40	0,71±0,23	5,55±2,91	138,20±96,37	11,90±5,23	10,65±5,27	46,11±15,13
		60	0,86±0,19	6,41±3,05	137,68±81,56	12,42±6,42	11,29±5,44	52,88±19,93
		100	0,84±0,18	7,25±3,15	149,67±96,45	12,45±5,73	12,34±6,20	58,89±18,25
	16 ^a	5	2,61±1,16	13,28±12,94	194,01±224,10	21,03±16,24	16,53±19,31	84,28±61,77
		20	2,71±1,29	14,14±14,17	198,83±247,61	19,35±14,93	16,83±17,87	84,94±62,86
		40	2,70±1,43	15,76±16,16	212,40±254,39	20,13±14,37	17,51±20,67	89,14±66,62
		60	2,83±1,51	16,73±17,68	204,28±220,83	21,00±16,02	17,14±14,84	96,68±76,13
		100	3,04±1,61	18,19±17,45	228,46±230,54	22,16±17,88	18,65±16,29	102,70±70,4

Quadro 2-7 – Concentrações (mg kg^{-1}) de As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em perfil de solo (cm) em horizontes coletados na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, período de enchente e vazante de 2010 a 2016 – Continuação.

FASE	CAMPANHA	PERFIL	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Zn
			MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP
Fase Enchimento	14 ^a	5	2,73±1,58	11,62±10,63	170,43±167,26	23,44±29,87	15,06±16,23	87,74±62,85
		20	2,79±1,77	12,39±11,82	173,09±183,56	22,14±29,78	15,67±15,27	88,09±62,80
		40	2,76±1,78	13,67±12,89	184,92±188,93	25,21±35,67	16,15±17,31	93,08±68,30
		60	2,91±1,98	14,68±14,72	180,00±165,25	24,03±29,22	16,05±12,56	101,70±79,70
		100	3,11±2,02	15,89±14,26	203,47±177,02	24,80±28,76	17,45±13,64	107,74±73,35
Fase Rio	12 ^a	5	1,99±0,84	7,05±5,27	128,76±122,51	20,30±16,78	9,73±5,21	46,99±24,26
		20	2,08±0,90	7,49±5,70	141,64±146,32	21,93±18,32	9,92±5,05	49,38±23,86
		40	2,27±0,99	8,13±5,44	160,91±145,49	23,88±18,59	10,33±5,15	55,89±26,69
		60	2,49±1,16	9,23±6,92	185,21±171,72	25,71±20,87	11,10±4,68	60,45±25,62
		100	2,67±1,07	9,91±7,38	205,44±185,76	27,49±22,27	12,37±5,82	68,26±23,00
	10 ^o	5	0,89±0,59	5,06±2,84	137,87±113,05	13,20±10,25	9,77±5,82	45,78±23,51
		20	0,91±0,59	5,49±3,19	147,56±129,48	13,50±10,44	10,20±5,37	47,50±23,83
		40	0,96±0,62	6,04±3,10	161,27±140,82	14,62±11,77	10,91±5,91	52,44±24,03
		60	1,03±0,67	6,39±3,32	172,58±154,30	16,15±12,19	12,01±6,23	58,22±25,75
		100	1,06±0,71	7,19±3,70	177,63±160,39	17,35±13,55	12,96±7,07	64,86±26,51
	8 ^a	5	0,64±0,14	4,19±1,32	118,65±89,43	10,07±6,88	7,04±3,78	38,57±16,43
		20	0,66±0,15	4,93±1,54	125,52±93,49	10,79±7,19	7,57±4,02	40,00±16,25
		40	0,68±0,15	5,20±1,57	133,43±97,77	11,63±7,49	8,47±4,58	41,91±17,74

Quadro 2-7 – Concentrações (mg kg^{-1}) de As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em perfil de solo (cm) em horizontes coletados na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, período de enchente e vazante de 2010 a 2016 – Continuação.

FASE	CAMPANHA	PERFIL	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Zn
			MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP	MÉDIA± DP
Fase Rio	8 ^a	60	0,71±0,18	5,61±1,80	138,61±100,45	12,91±8,60	9,45±5,22	44,61±17,15
		100	0,73±0,20	6,01±1,81	144,36±103,14	13,42±8,57	10,18±5,67	47,27±17,43
	6 ^a	5	0,68±0,16	4,19±1,32	131,77±100,52	11,03±7,25	8,12±4,49	42,23±18,39
		20	0,70±0,17	4,93±1,54	135,55±99,94	11,57±7,59	8,49±4,76	44,45±18,48
		40	0,20	5,20±1,57	143,96±105,45	12,53±8,09	9,19±5,05	47,06±20,11
		60	0,76±0,22	5,61±1,80	148,18±106,87	13,78±8,96	10,18±5,76	49,55±19,94
		100	0,79±0,25	6,01±1,81	155,95±109,60	14,97±9,54	11,05±6,05	53,35±20,09
	4 ^a	5	0,64±0,12	3,86±1,19	143,86±89,24	9,84±6,22	2,65±1,26	43,60±14,25
		20	0,65±0,13	4,27±1,36	149,99±93,04	10,26±6,65	3,09±1,21	45,07±13,33
		40	0,68±0,14	4,52±1,41	159,29±96,41	11,01±7,04	3,32±1,23	47,87±15,93
		60	0,71±0,16	4,60±1,71	160,86±96,21	11,61±6,86	3,81±1,76	50,28±15,99
		100	0,73±0,20	5,22±1,76	169,74±97,73	12,13±7,23	4,11±1,77	53,06±15,87
	2 ^a	5	0,66±0,23	3,11±1,24	137,65±100,45	26,02±56,34	<0,50	36,30±20,31
		20	0,59±0,09	3,87±1,45	129,05±102,76	25,85±56,26	<0,50	36,26±19,75
		40	0,64±0,13	4,12±1,42	143,82±97,74	26,48±55,41	<0,50	37,46±20,41
		60	0,66±0,13	4,55±1,55	145,16±95,28	29,77±57,61	<0,50	38,14±20,87
		100	0,63±0,14	4,35±1,63	108,67±92,59	28,53±55,98	<0,50	36,45±20,96

*DP: Desvio padrão. **As e Se apresentaram valores abaixo do limite de detecção (< 0,50).

As concentrações de arsênio e selênio nas amostras do perfil do solo foram menores que $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ em todos os pontos amostrados e nas diferentes profundidades.

As concentrações de Cd nas amostras do perfil de solo coletadas na 5ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2014, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 0,76 e valor médio $0,71 \pm 0,27 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Cd nas amostras do perfil de solo coletadas na 4ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2013, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 1,47 e valor médio $2,13 \pm 1,62 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Cd nas amostras do perfil de solo coletadas na 3ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2012 e 2016 e vazante de 2012, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 0,96 e valor médio $1,35 \pm 0,98 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Cd nas amostras do perfil de solo coletadas na 2ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2011 e vazante de 2011 e 2015, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 0,74 e valor médio $0,69 \pm 0,19 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Cd nas amostras do perfil de solo coletadas na 1ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2010 e vazante de 2010 e 2015, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 0,64 e valor médio $0,66 \pm 0,15 \text{ mg kg}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de cádmio nas amostras de perfil de solo coletadas semestralmente nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2016, evidencia a heterogeneidade dos solos da região não evidenciando pontos de contaminação difusa, sendo que as amostras coletadas na 4ª malha (14ª e 16ª campanhas) apresentaram maior concentração mediana (**Figura 2-4**).



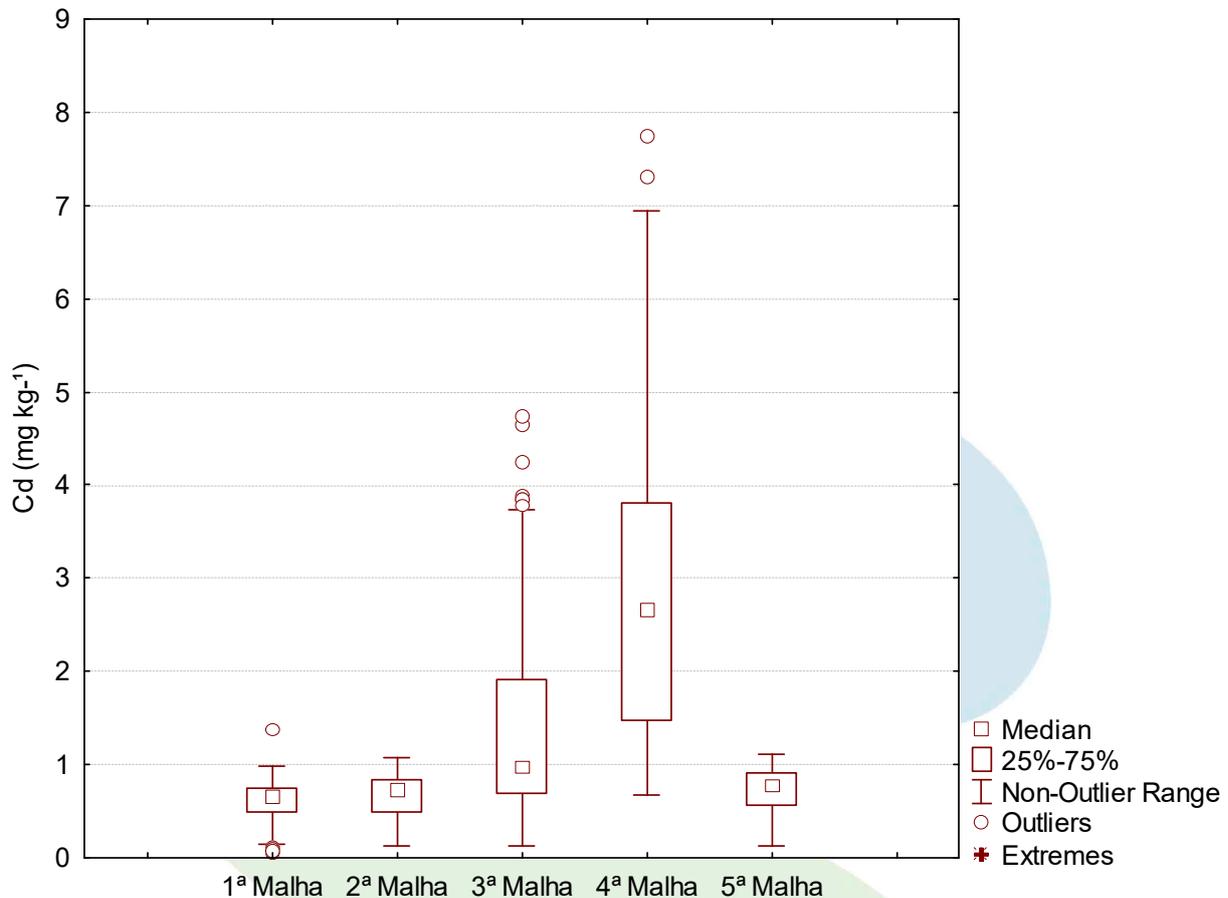


Figura 2-4 – Distribuição das concentrações de cádmio nas amostras de solo coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período de enchente de 2010 a enchente de 2016.

Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2010 à vazante de 2012 / 1ª a 3ª malha amostral) as concentrações de Cd nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentaram mediana 0,76 e valor médio $0,99 \pm 0,76 \text{ mg kg}^{-1}$. Na fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2013 e enchente de 2014 / 4ª e 5ª malha amostral) as concentrações de Cd apresentaram mediana 1,47 e valor médio $2,13 \pm 1,62 \text{ mg kg}^{-1}$. Na fase operativa do empreendimento (período hidrológico de vazante de 2014 e 2015 e enchente de 2015 / 1ª, 2ª, 3ª e 5ª malha amostral) as concentrações de cádmio apresentaram mediana 0,72 e valor médio $0,66 \pm 0,24 \text{ mg kg}^{-1}$.



Pode-se inferir que a concentração mediana de Cd manteve-se relativamente constantes da fase rio para fase operativa, com concentrações um pouco mais elevadas na fase enchimento (**Figura 2-5**). A **Figura 2-6** apresenta a distribuição das concentrações de Cd nos perfis de 5 a 100 cm de profundidade de solo coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, sendo evidenciados os maiores valores nas camadas inferiores.

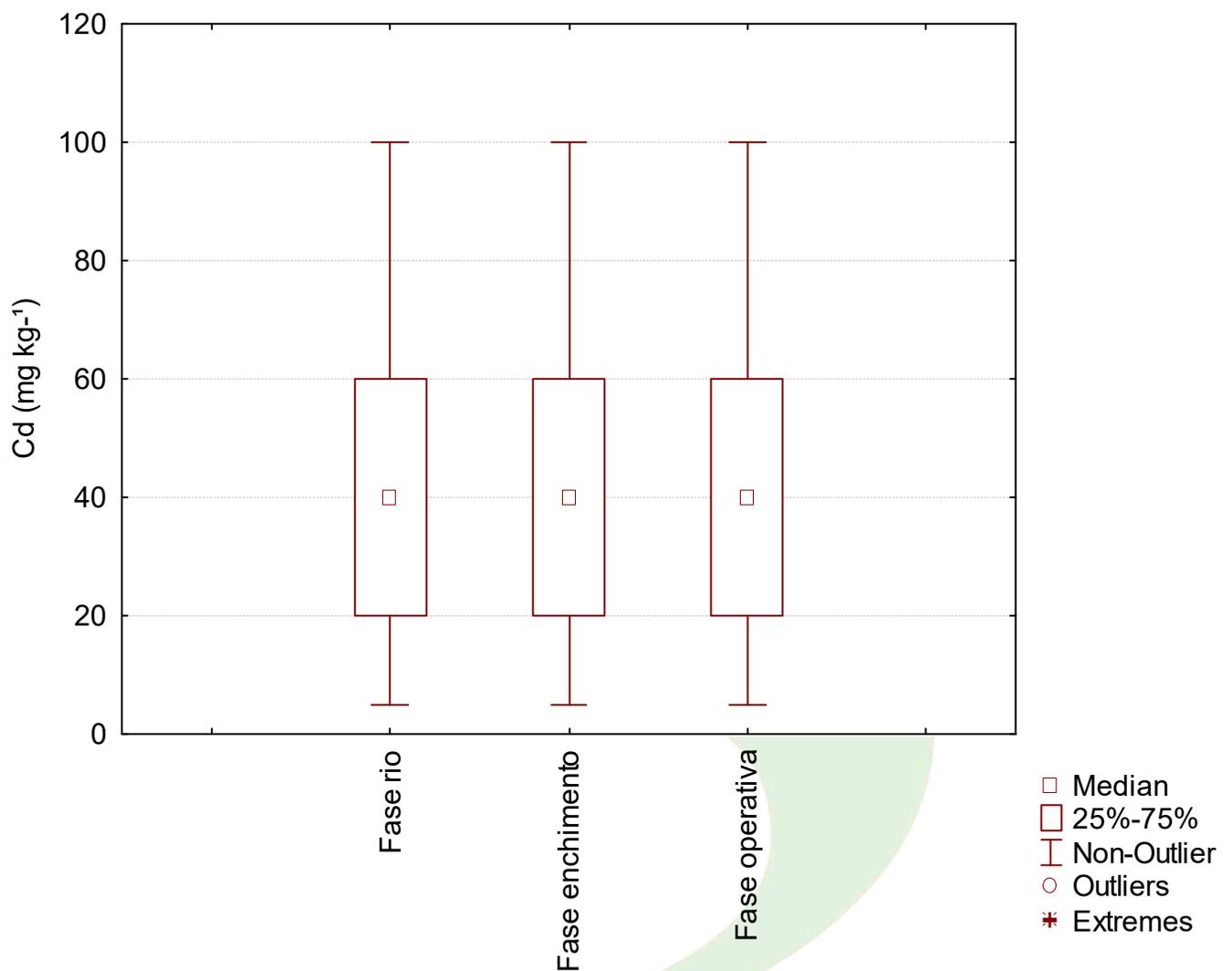


Figura 2-5 – Boxplot das concentrações de cádmio nas amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa).



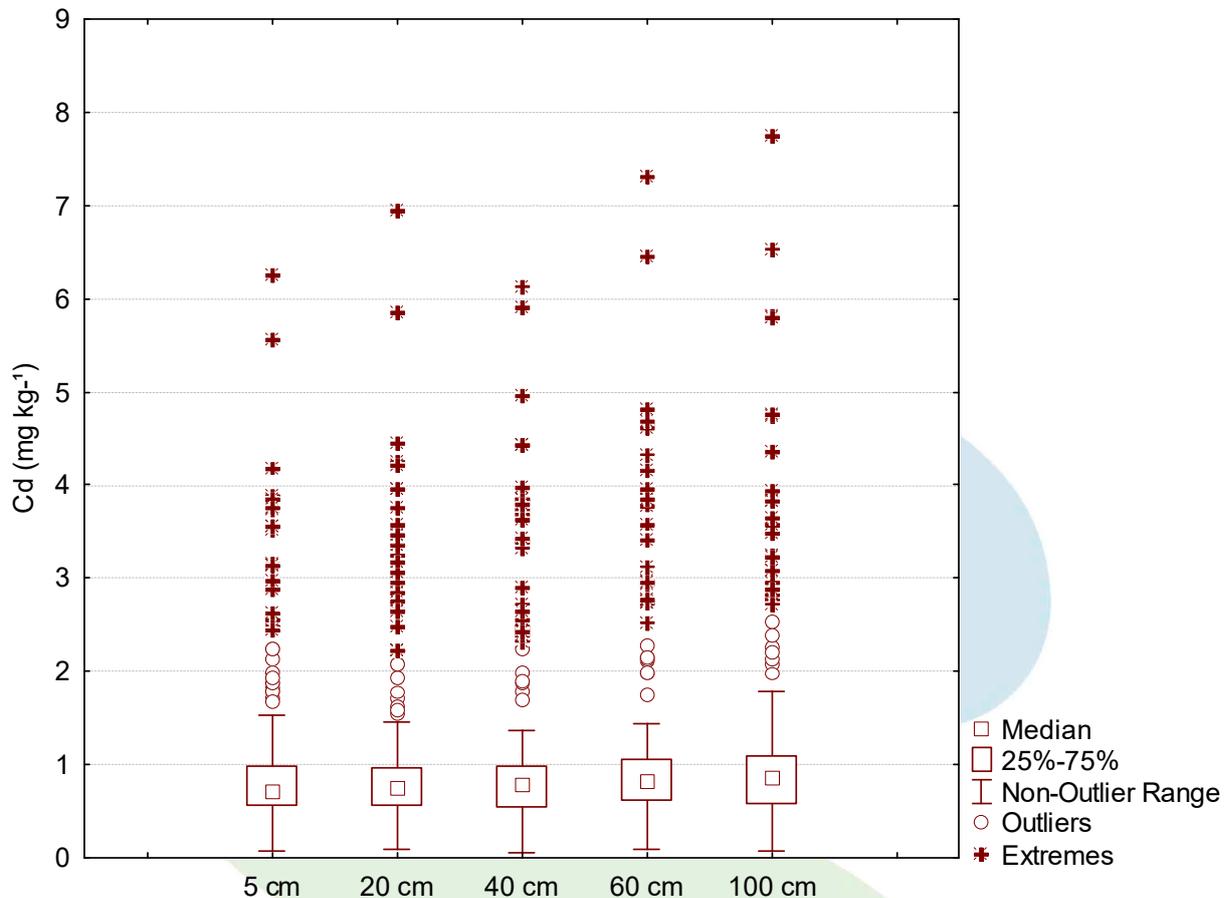


Figura 2-6 – Boxplot das concentrações de cádmio nas amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos perfis de 5 a 100 cm.

As concentrações de Cr nas amostras do perfil de solo coletadas na 5ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2014, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 5,25 e valor médio $5,66 \pm 5,25 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Cr nas amostras do perfil de solo coletadas na 4ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2013, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 7,16 e valor médio $11,75 \pm 12,33 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Cr nas amostras do perfil de solo coletadas na 3ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio





Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2012 e 2016 e vazante de 2012, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 4,69 e valor médio $6,00 \pm 4,46 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Cr nas amostras do perfil de solo coletadas na 2ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2011 e vazante de 2011 e 2015, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 5,17 e valor médio $5,11 \pm 1,65 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Cr nas amostras do perfil de solo coletadas na 1ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2010 e vazante de 2010 e 2015, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 4,30 e valor médio $4,26 \pm 1,53 \text{ mg kg}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de Cr nas amostras de perfil de solo coletadas semestralmente nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2016, evidencia a heterogeneidade dos solos da região não evidenciando pontos de contaminação difusa, sendo que as amostras coletadas na 4ª malha (14ª e 16ª campanhas) apresentaram maior concentração mediana (**Figura 2-7**).



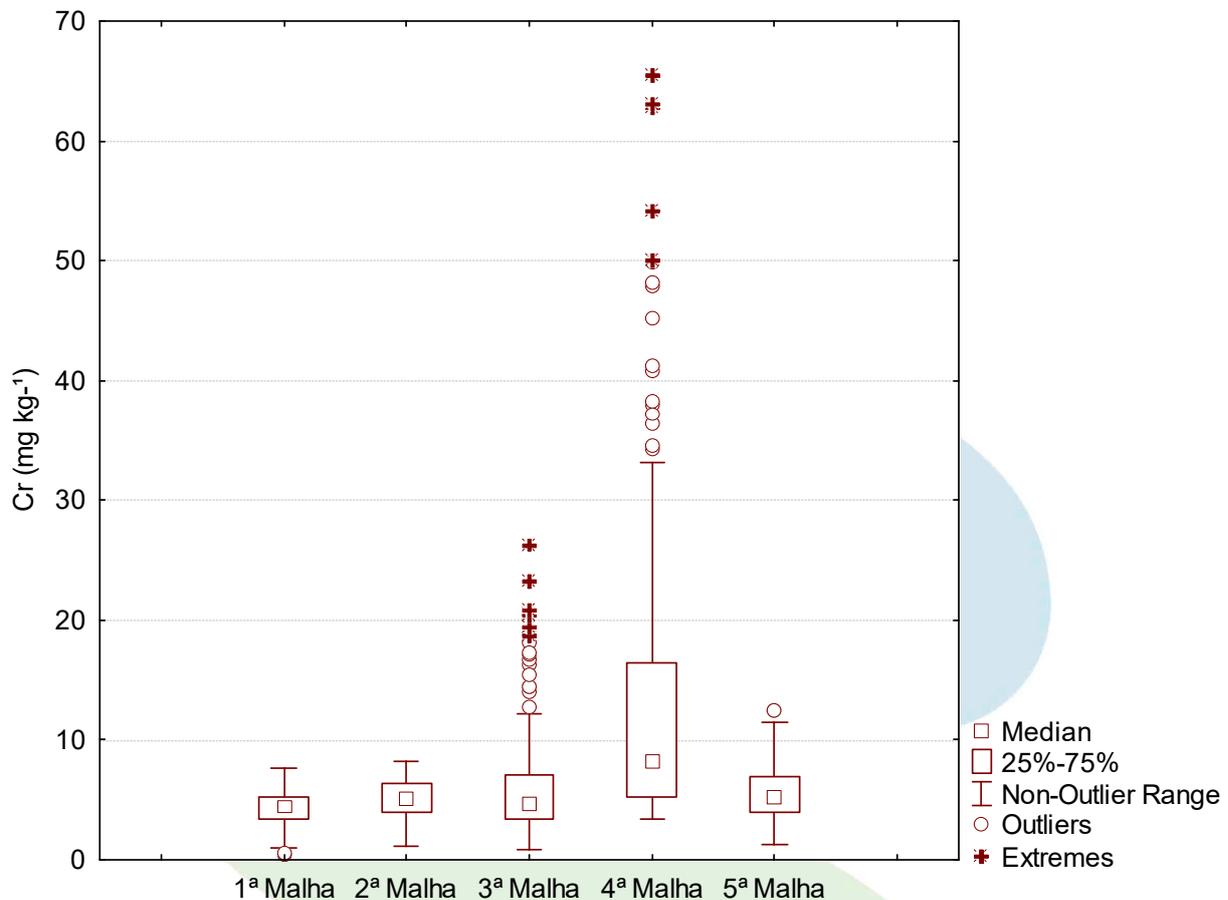


Figura 2-7 – Distribuição das concentrações de crômio nas amostras de solo coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período de enchente de 2010 a enchente de 2016.

Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2010 à vazante de 2012 / 1ª a 3ª malha amostral) as concentrações de Cr nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentaram mediana 4,94 e valor médio $5,55 \pm 3,35 \text{ mg kg}^{-1}$. Na fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2013 e enchente de 2014 / 4ª e 5ª malha amostral) as concentrações de Cr apresentaram mediana 7,16 e valor médio $11,75 \pm 12,33 \text{ mg kg}^{-1}$. Na fase operativa do empreendimento (período hidrológico de vazante de 2014 e 2015 e enchente de 2015 / 1ª, 2ª, 3ª e 5ª malha amostral) as concentrações de Cr apresentaram mediana 4,53 e valor médio $4,57 \pm 1,60 \text{ mg kg}^{-1}$.



Pode-se inferir que a concentração mediana de Cr apresentou aumento da fase rio para fase enchimento do reservatório e decréscimo na fase operativa (Figura 2-8). A Figura 2-9 apresenta a distribuição das concentrações de Cr nos perfis de 5 a 100 cm de profundidade de solo coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, sendo evidenciados os maiores valores nas camadas inferiores.

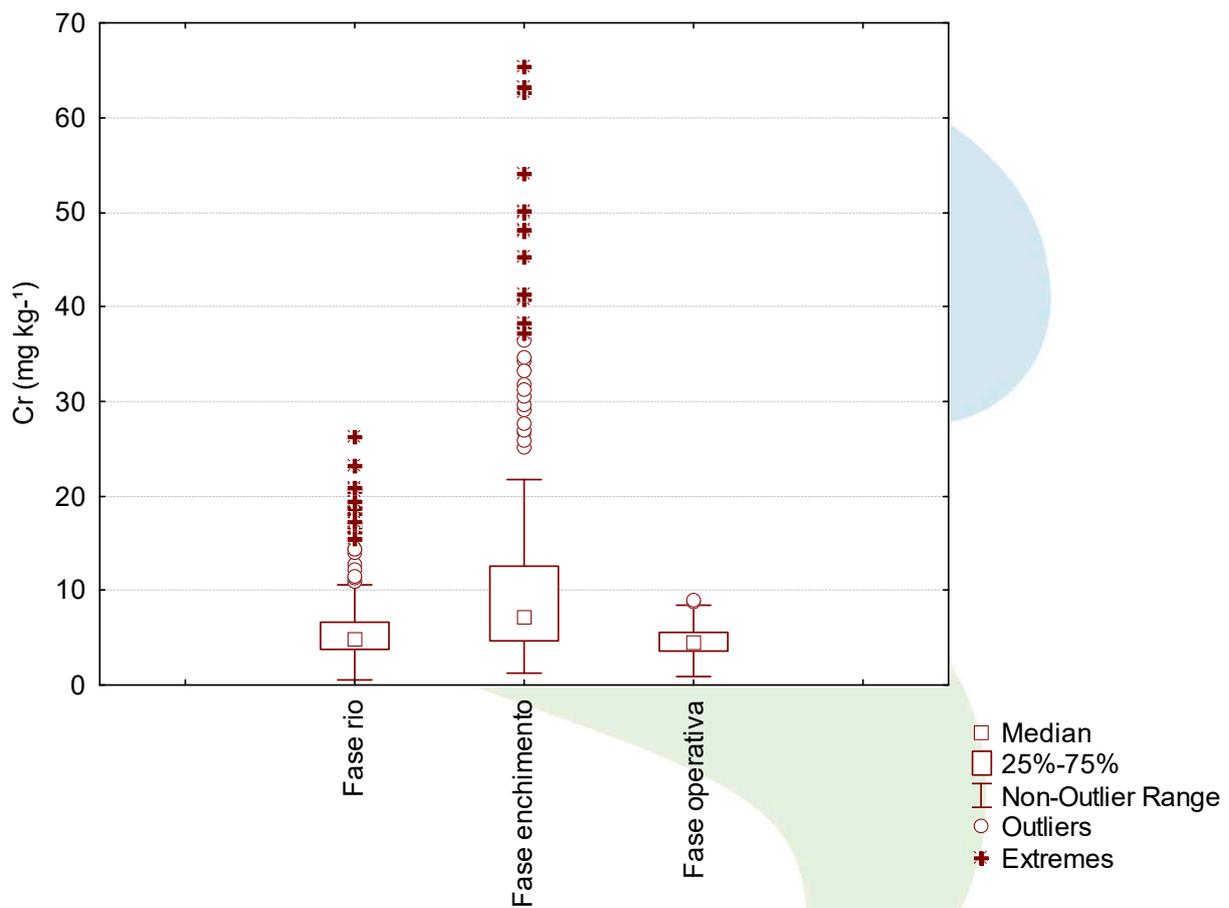


Figura 2-8 – Boxplot das concentrações de cromo nas amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa).



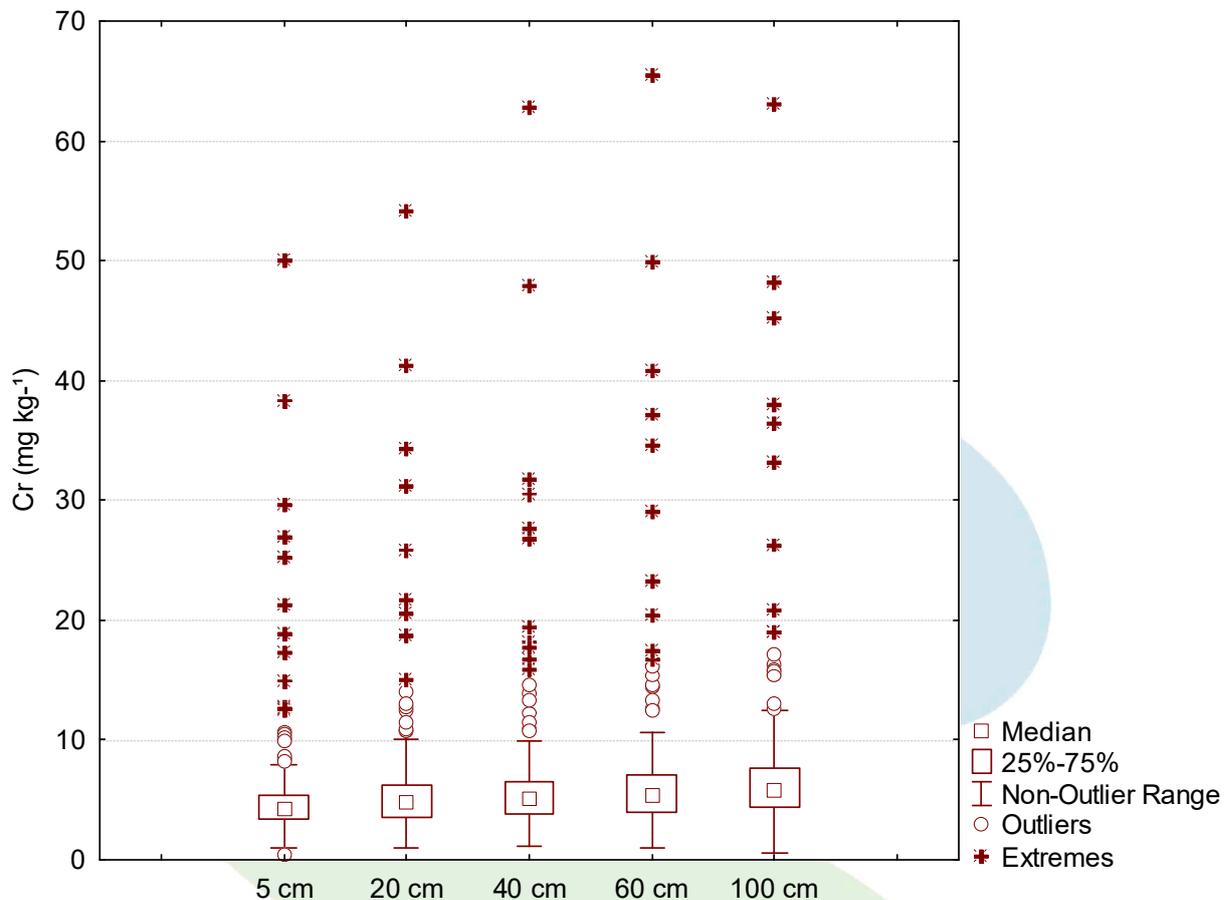


Figura 2-9 – Boxplot das concentrações de crômio nas amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos perfis de 5 a 100 cm.

As concentrações de Mn nas amostras do perfil de solo coletadas na 5ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2014, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 133,46 e valor médio $154,12 \pm 89,39$ mg kg⁻¹. As concentrações de Mn nas amostras do perfil de solo coletadas na 4ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2013, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 120,82 e valor médio $176,70 \pm 175,89$ mg kg⁻¹. As concentrações de Mn nas amostras do perfil de solo coletadas na 3ª malha amostral nas áreas dos





pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2012 e 2016 e vazante de 2012, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 140,92 e valor médio $162,79 \pm 122,39 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Mn nas amostras do perfil de solo coletadas na 2ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2011 e vazante de 2011 e 2015, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 154,59 e valor médio $141,52 \pm 85,17 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Mn nas amostras do perfil de solo coletadas na 1ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2010 e vazante de 2010 e 2015, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 165,24 e valor médio $145,25 \pm 94,32 \text{ mg kg}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de Mn nas amostras de perfil de solo coletadas semestralmente nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2015, evidencia a heterogeneidade dos solos da região não evidenciando pontos de contaminação difusa, sendo que as amostras coletadas na 1ª malha (2ª, 4ª e 22ª campanhas) apresentaram maior concentração mediana (**Figura 2-10**).



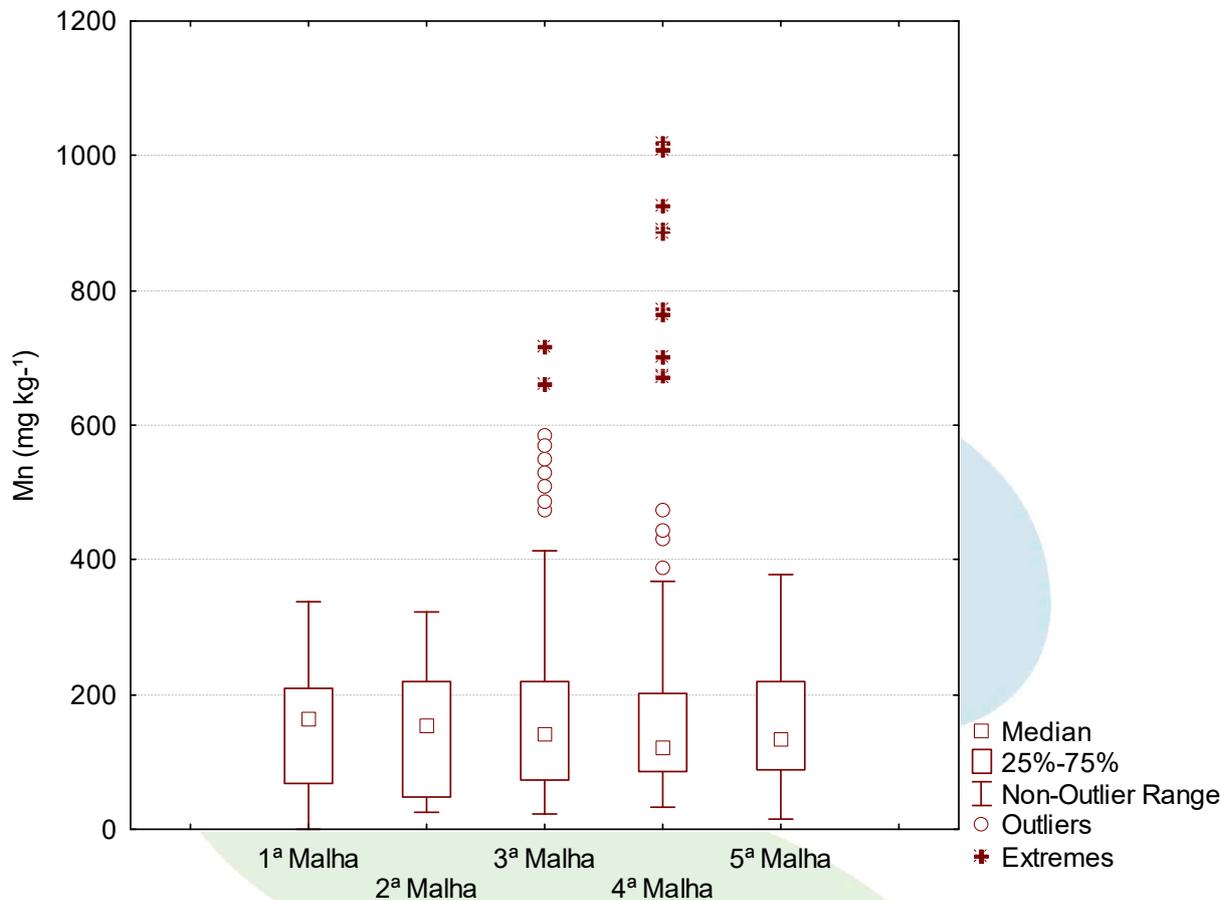


Figura 2-10 – Distribuição das concentrações de manganês nas amostras de solo coletadas no rio madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período de enchente de 2010 a enchente de 2016.

Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2010 à vazante de 2012 / 1ª a 3ª malha amostral) as concentrações de Mn nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentaram mediana 134,86 e valor médio $147,79 \pm 114,78 \text{ mg kg}^{-1}$. Na fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2013 e enchente de 2014 / 4ª e 5ª malha amostral) as concentrações de Mn apresentaram mediana 120,82 e valor médio $176,70 \pm 175,89 \text{ mg kg}^{-1}$. Na fase operativa do empreendimento (período hidrológico de vazante de 2014 e 2015 e enchente de 2015 / 1ª, 2ª, 3ª e 5ª malha amostral) as concentrações de Mn apresentaram mediana 159,71 e valor médio $159,36 \pm 78,15 \text{ mg kg}^{-1}$.



Pode-se inferir que a concentração mediana de Mn se manteve relativamente constantes da fase rio para fase operativa, com concentrações mais elevadas na fase enchimento e maior mediana na fase operativa (**Figura 2-11**). A **Figura 2-12** apresenta a distribuição das concentrações de Mn nos perfis de 5 a 100 cm de profundidade de solo coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, sendo evidenciados os maiores valores nas camadas inferiores.

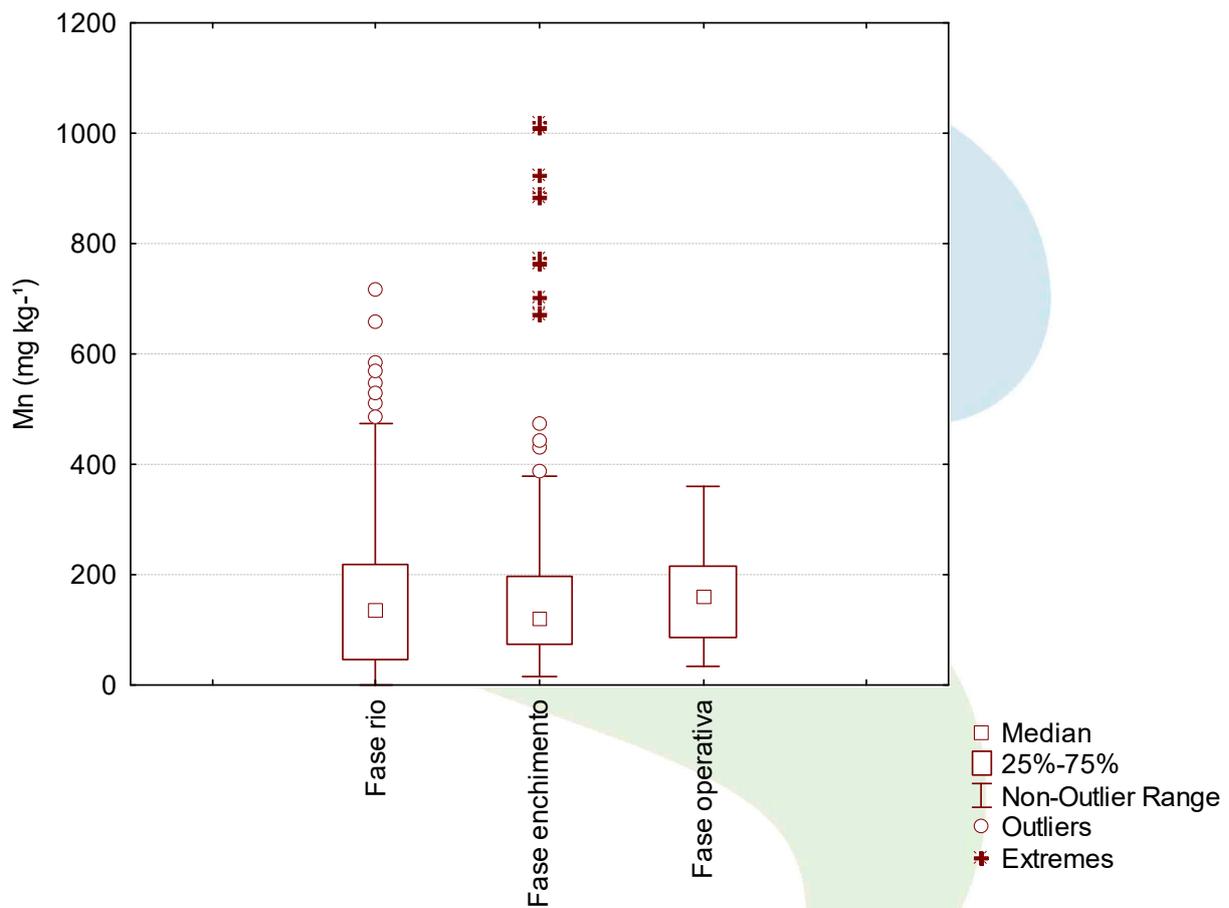


Figura 2-11 – Boxplot das concentrações de manganês nas amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa).



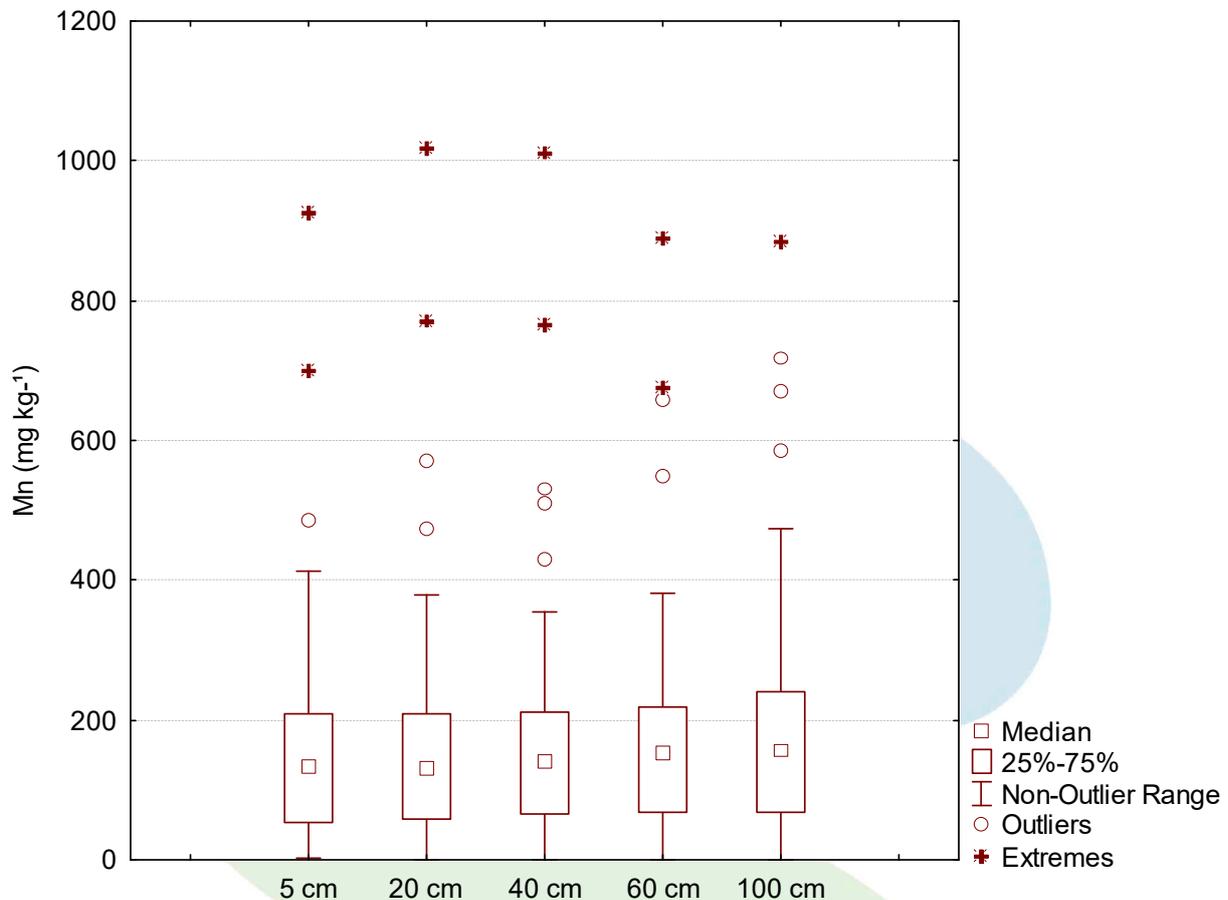


Figura 2-12 – Boxplot das concentrações de manganês nas amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos perfis de 5 a 100 cm.

As concentrações de Ni nas amostras do perfil de solo coletadas na 5ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2014, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 11,17 e valor médio $11,84 \pm 5,36 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Ni nas amostras do perfil de solo coletadas na 4ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2013, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 13,10 e valor médio $18,71 \pm 20,29 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Ni nas amostras do perfil de solo coletadas na 3ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio



Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2012 e 2016 e vazante de 2012, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 15,77 e valor médio $18,70 \pm 13,65 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Ni nas amostras do perfil de solo coletadas na 2ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2011 e vazante de 2011 e 2015, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 9,62 e valor médio $12,64 \pm 7,53 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Ni nas amostras do perfil de solo coletadas na 1ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2010 e vazante de 2010 e 2015, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 11,85 e valor médio $18,85 \pm 38,88 \text{ mg kg}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de Ni nas amostras de perfil de solo coletadas semestralmente nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2015, evidencia a heterogeneidade dos solos da região não evidenciando pontos de contaminação difusa, sendo que as amostras coletadas na 3ª malha (10ª, 12ª e 26ª campanhas) apresentaram maior concentração mediana (**Figura 2-13**).



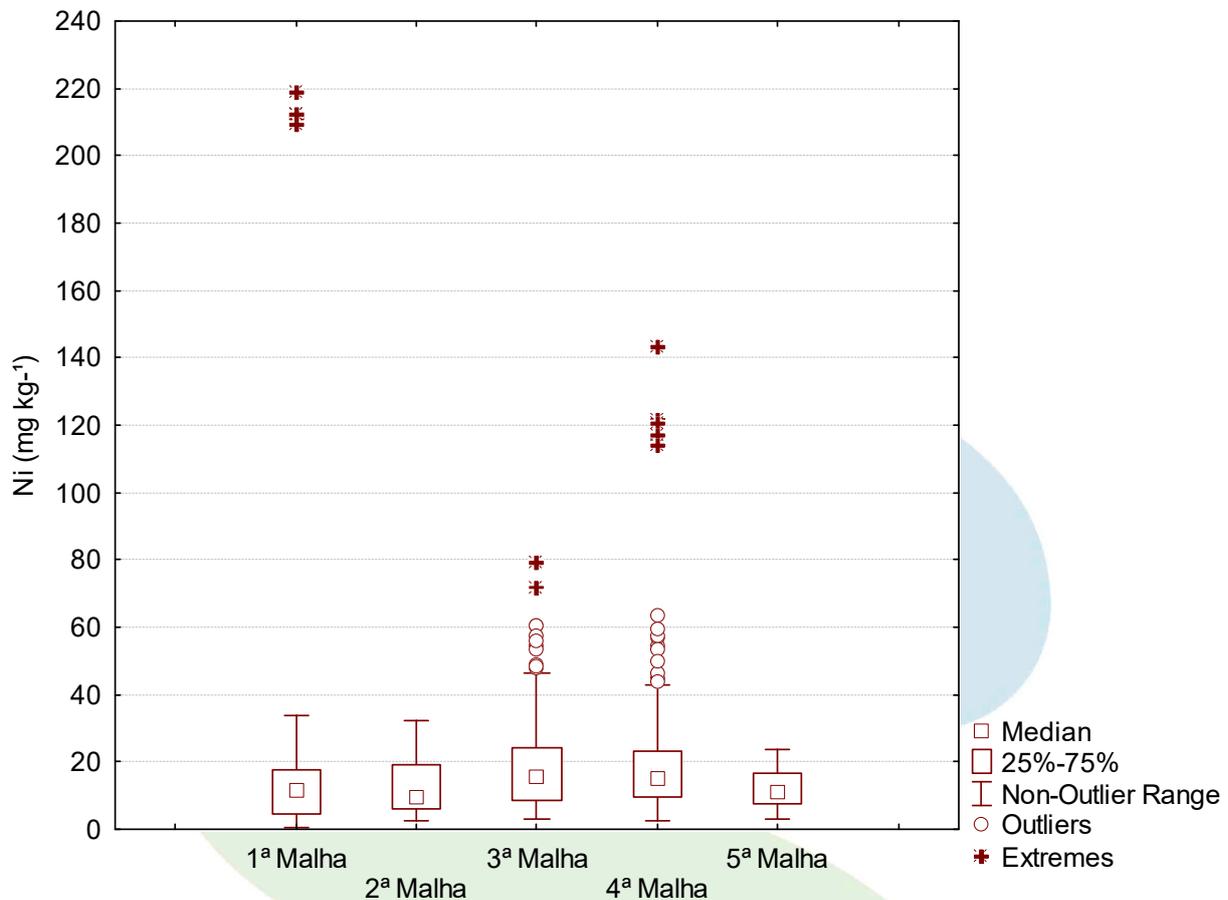


Figura 2-13 – Distribuição das concentrações de níquel nas amostras de solo coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período de enchente de 210 a enchente de 2016.

Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2010 à vazante de 2012 / 1ª a 3ª malha amostral) as concentrações de Ni nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentaram mediana 11,51 mg kg⁻¹ e valor médio 16,61 ± 24,21 mg kg⁻¹. Na fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2013 e enchente de 2014 / 4ª e 5ª malha amostral) as concentrações de Ni apresentaram mediana 13,10 e valor médio 18,71 ± 20,29 mg kg⁻¹. Na fase operativa do empreendimento (período hidrológico de vazante de 2014 e 2015 e enchente de 2015 / 1ª, 2ª, 3ª e 5ª malha amostral) as concentrações de Ni apresentaram mediana 13,40 e valor médio 13,58 ± 6,29 mg kg⁻¹.



Pode-se inferir que a concentração mediana de Ni manteve-se relativamente constantes da fase rio para fase operativa, com maiores concentrações na fase enchimento (**Figura 2-14**). A **Figura 2-15** apresenta a distribuição das concentrações de Ni nos perfis de 5 a 100 cm de profundidade de solo coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, sendo evidenciados os maiores valores nas camadas inferiores.

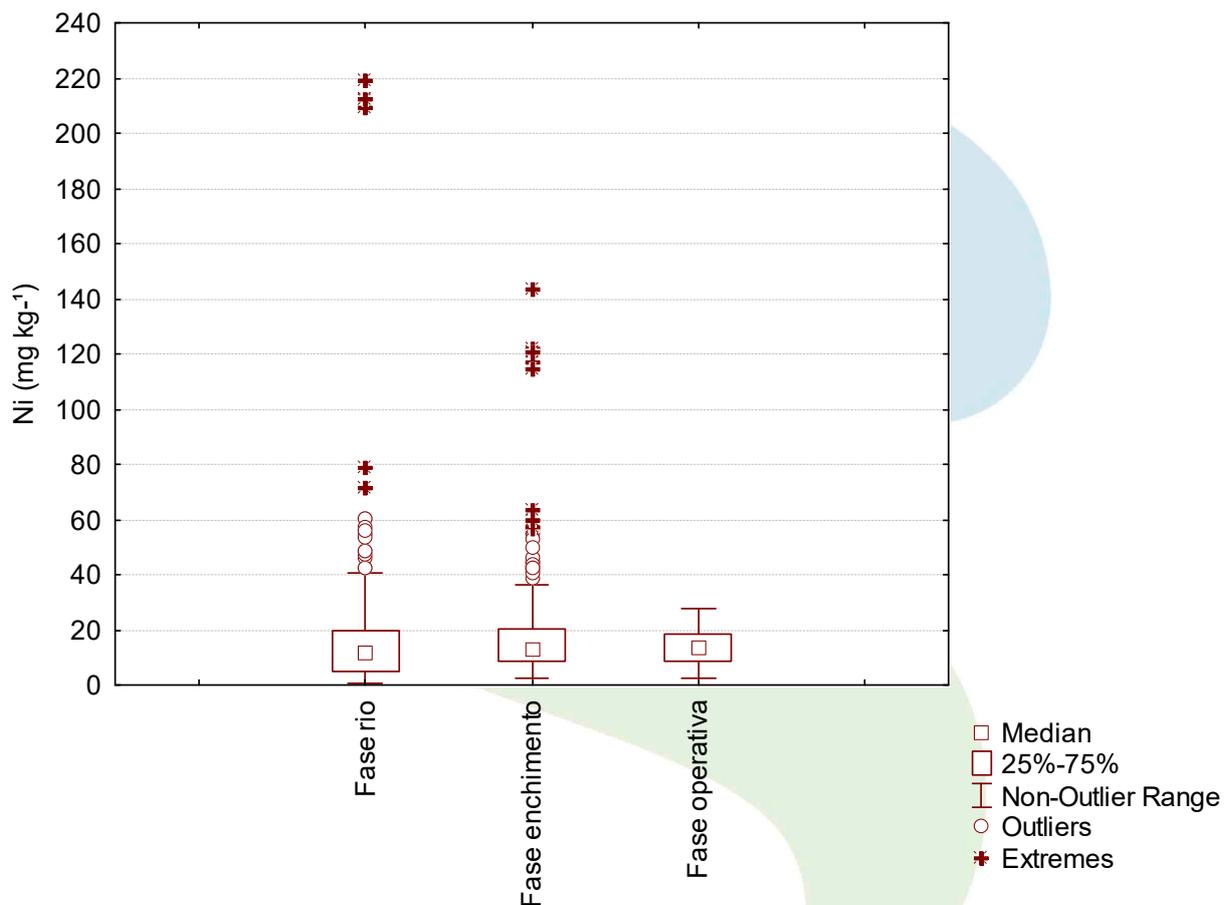


Figura 2-14 – Boxplot das concentrações de níquel nas amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa).



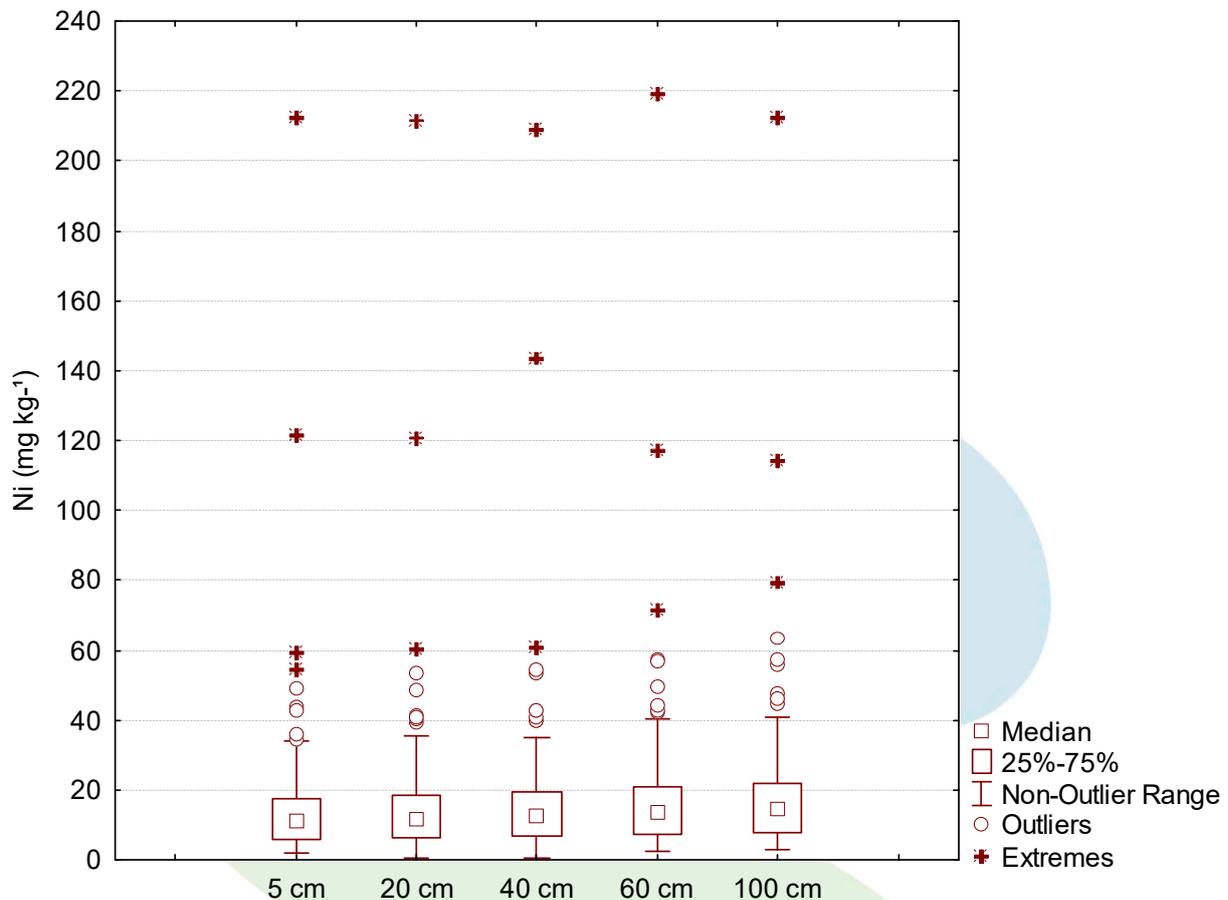


Figura 2-15 – Boxplot das concentrações de níquel nas amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos perfis de 5 a 100 cm.

As concentrações de Pb nas amostras do perfil de solo coletadas na 5ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2014, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 6,65 e valor médio $8,36 \pm 5,03 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Pb nas amostras do perfil de solo coletadas na 4ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2013, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 10,53 e valor médio $14,80 \pm 13,77 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Pb nas amostras do perfil de solo coletadas na 3ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos



hidrológicos de enchente de 2012 e 2016 e vazante de 2012, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 7,97 e valor médio $9,38 \pm 5,30 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Pb nas amostras do perfil de solo coletadas na 2ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2011 e vazante de 2011 e 2015, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 7,27 e valor médio $8,55 \pm 4,60 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Pb nas amostras do perfil de solo coletadas na 1ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2010 e vazante de 2010 e 2015, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 3,05 e valor médio $3,39 \pm 1,52 \text{ mg kg}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de Pb nas amostras de perfil de solo coletadas semestralmente nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2015, evidencia a heterogeneidade dos solos da região não evidenciando pontos de contaminação difusa, sendo que as amostras coletadas na 4ª malha (14ª e 16ª campanhas) apresentaram maior concentração mediana (**Figura 2-16**).



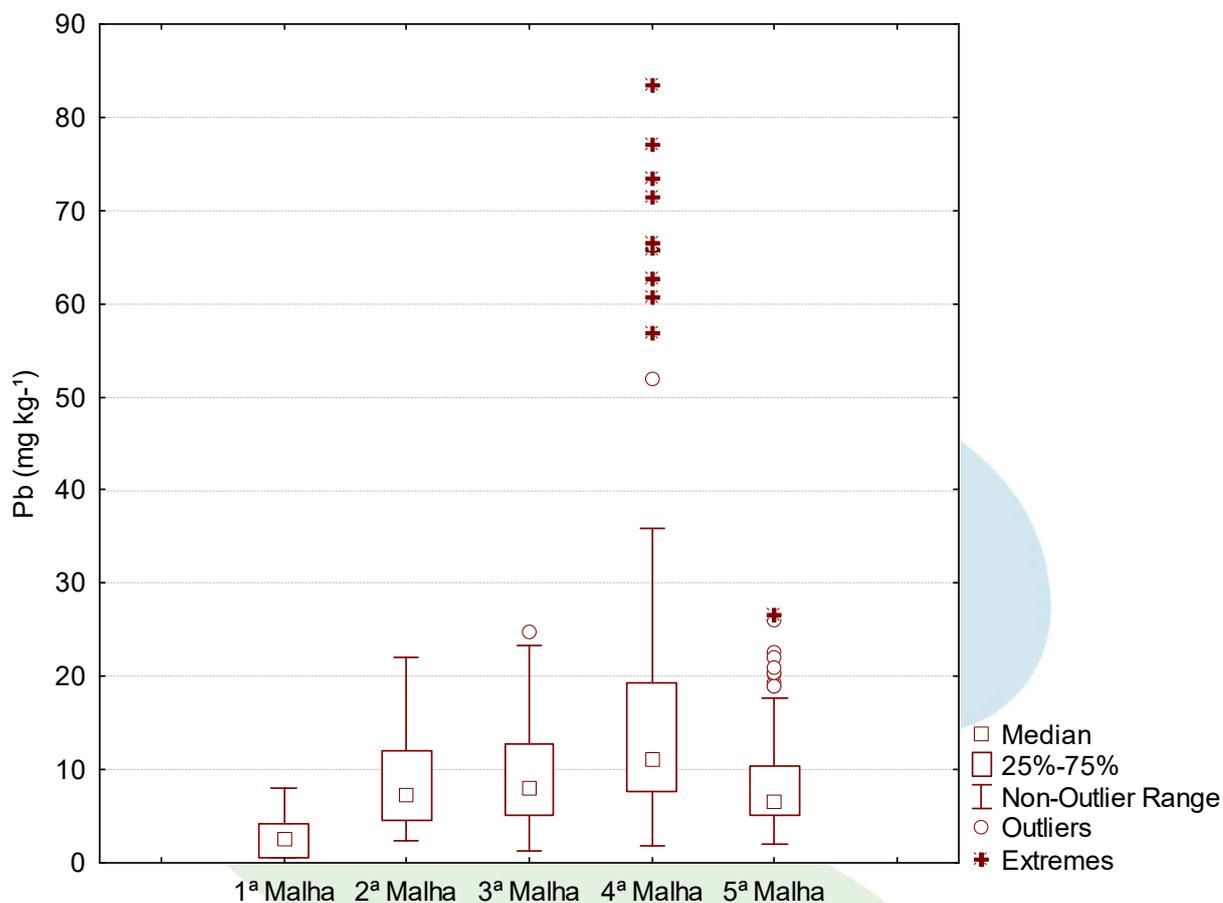


Figura 2-16 – Distribuição das concentrações de chumbo nas amostras de solo coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período de enchente de 2010 a enchente 2016.

Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2010 à vazante de 2012 / 1ª a 3ª malha amostral) as concentrações de Pb nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentaram mediana 6,74 mg kg⁻¹ e valor médio 7,44 ± 5,85. Na fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2013 e enchente de 2014 / 4ª e 5ª malha amostral) as concentrações de Pb apresentaram mediana 10,53 e valor médio 14,80 ± 13,77 mg kg⁻¹. Na fase operativa do empreendimento (período hidrológico de vazante de 2014 e 2015 e enchente de 2015 / 1ª, 2ª, 3ª e 5ª malha amostral) as concentrações de Pb apresentaram mediana 5,29 e valor médio 5,88 ± 2,83 mg kg⁻¹.



Pode-se inferir que a concentração mediana de Pb apresentou aumento da fase rio para fase enchimento do reservatório e decréscimo na fase operativa (Figura 2-17). A Figura 2-18 apresenta a distribuição das concentrações de Pb nos perfis de 5 a 100 cm de profundidade de solo coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, sendo evidenciados os maiores valores nas camadas inferiores.

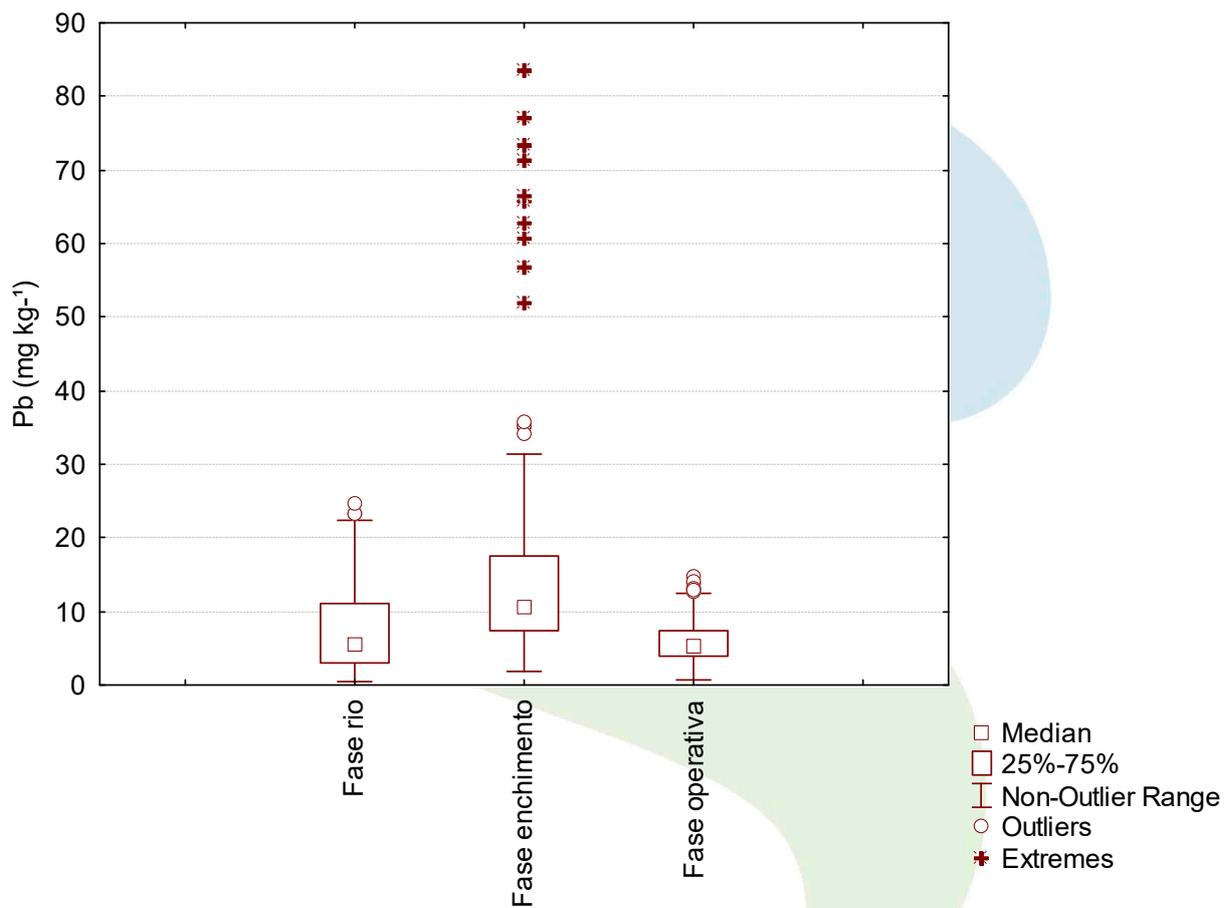


Figura 2-17 – Boxplot das concentrações de chumbo nas amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa).



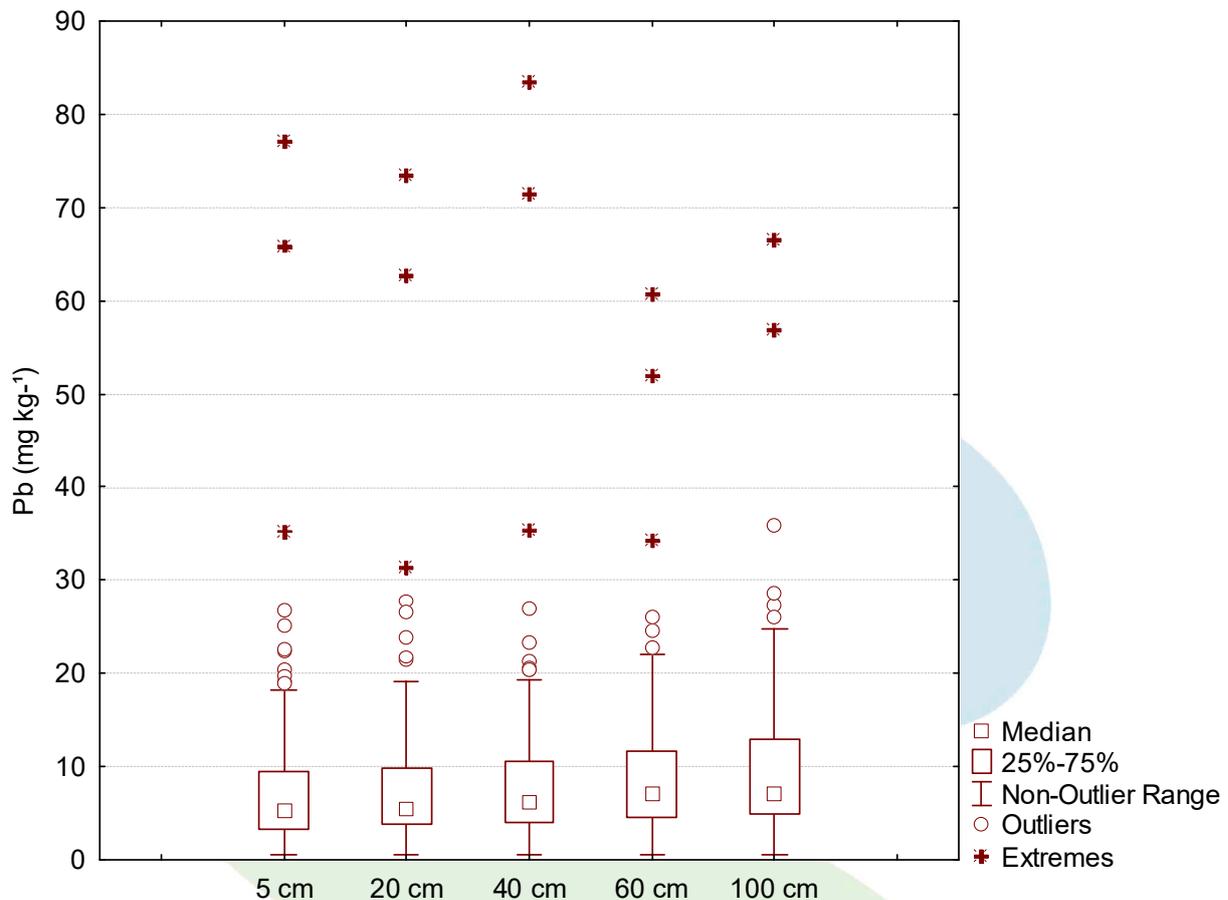


Figura 2-18 – Boxplot das concentrações de chumbo nas amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos perfis de 5 a 100 cm.

As concentrações de Zn nas amostras do perfil de solo coletadas na 5ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2014, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 48,75 e valor médio $50,84 \pm 16,85 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Zn nas amostras do perfil de solo coletadas na 4ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2013, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 57,98 e valor médio $78,65 \pm 59,58 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Zn nas amostras do perfil de solo coletadas na 3ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio



Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2012 e 2016 e vazante de 2012, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 43,84 e valor médio $50,31 \pm 22,47 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Zn nas amostras do perfil de solo coletadas na 2ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2011 e vazante de 2011 e 2015, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 43,98 e valor médio $45,12 \pm 17,00 \text{ mg kg}^{-1}$. As concentrações de Zn nas amostras do perfil de solo coletadas na 1ª malha amostral nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente de 2010 e vazante de 2010 e 2015, apresentaram tendência de distribuição heterogênea ao longo do rio Madeira, sendo a mediana 48,15 e valor médio $42,65 \pm 18,31 \text{ mg kg}^{-1}$.

A série temporal das concentrações de Zn nas amostras de perfil de solo coletadas semestralmente nas malhas amostrais nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2015, evidencia a heterogeneidade dos solos da região não evidenciando pontos de contaminação difusa, sendo que as amostras coletadas na 4ª malha (14ª e 16ª campanhas) apresentaram maior concentração mediana (**Figura 2-19**).



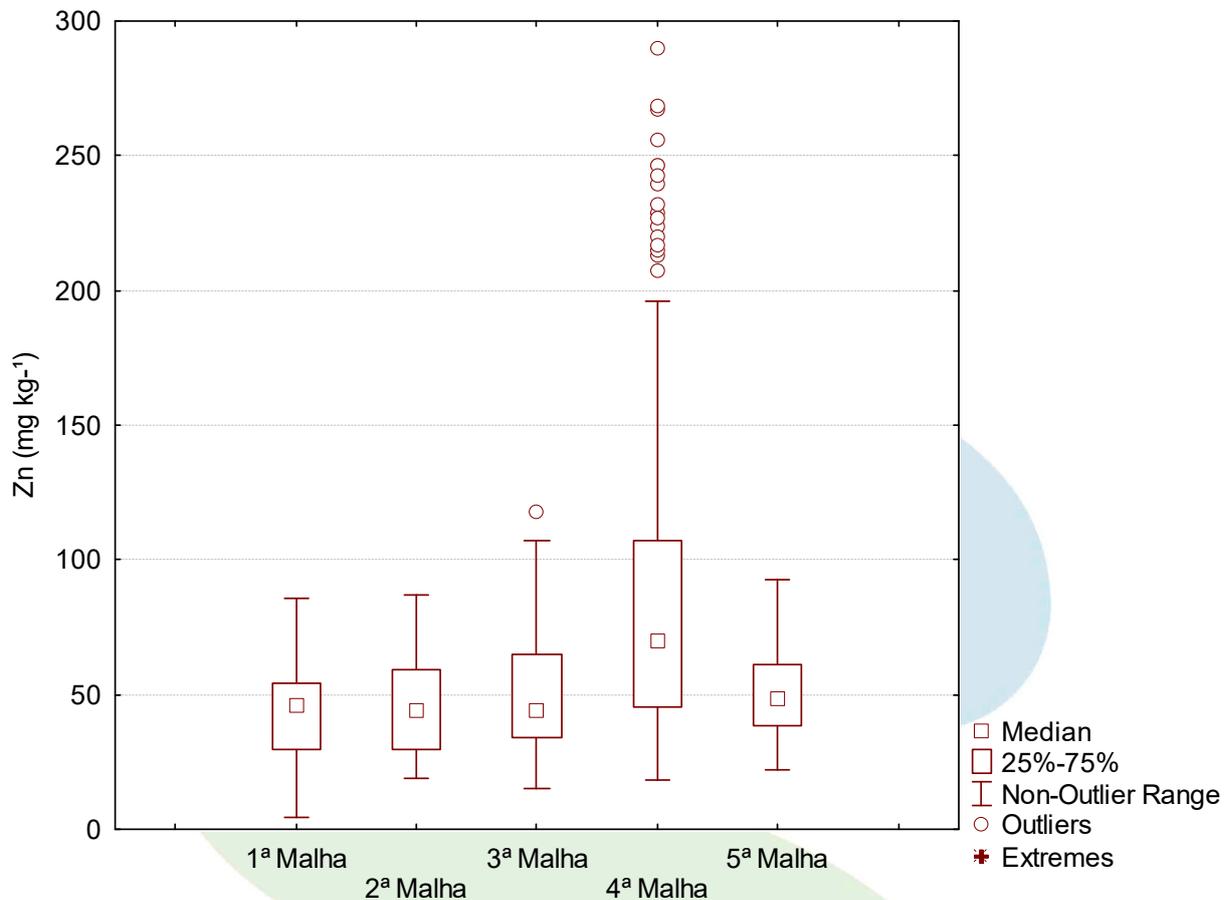


Figura 2-19 – Distribuição das concentrações de zinco nas amostras de solo coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período de enchente de 2010 a enchente de 2016.

Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2010 à vazante de 2012 / 1ª a 3ª malha amostral) as concentrações de Zn nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentaram mediana $46,32 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio $47,45 \pm 21,32$. Na fase enchimento do empreendimento (período hidrológico de enchente de 2013 e enchente de 2014 / 4ª e 5ª malha amostral) as concentrações de Zn apresentaram mediana $57,98 \text{ mg kg}^{-1}$ e valor médio $78,65 \pm 59,58$. Na fase operativa do empreendimento (período hidrológico de vazante de 2014 e 2015 e enchente de 2015 / 1ª, 2ª, 3ª e 5ª malha amostral) as concentrações de Zn apresentaram mediana $45,81$ e valor médio $45,95 \pm 14,37 \text{ mg kg}^{-1}$.



Pode-se inferir que a concentração mediana de Zn apresentou aumento da fase rio para fase enchimento do reservatório e decréscimo na fase operativa (Figura 2-20). A Figura 2-21 apresenta a distribuição das concentrações de Zn nos perfis de 5 a 100 cm de profundidade de solo coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, sendo evidenciados os maiores valores nas camadas inferiores.

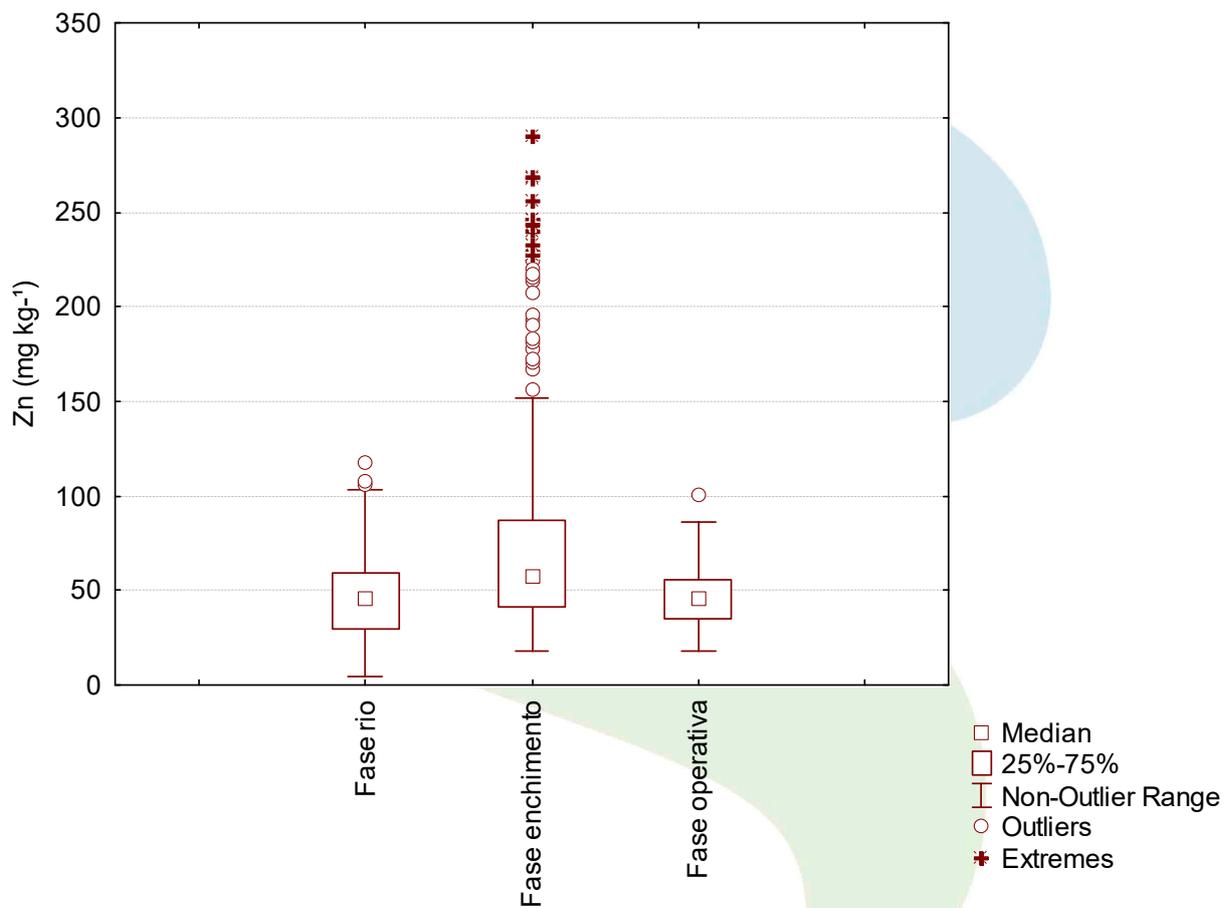


Figura 2-20 – Boxplot das concentrações de zinco nas amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa).



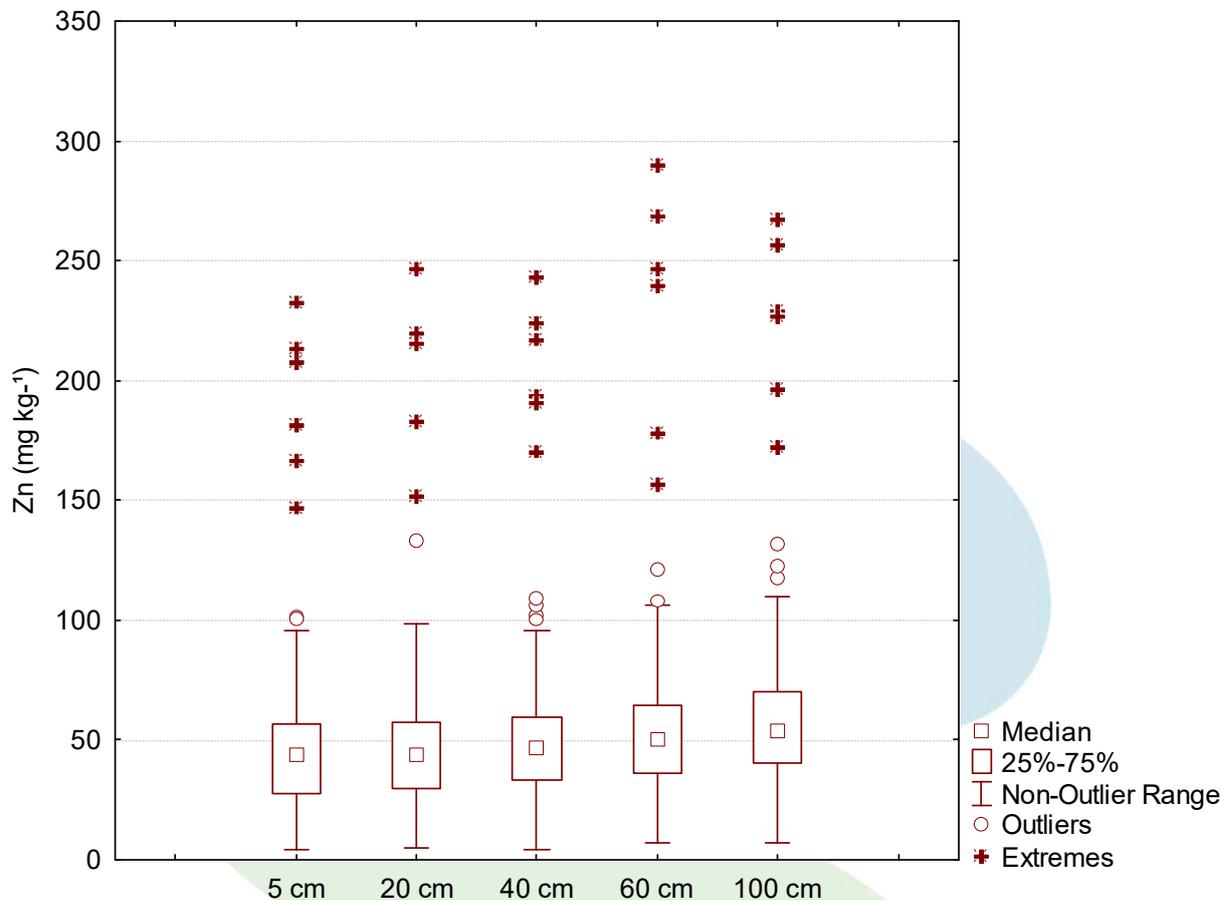


Figura 2-21 – Boxplot das concentrações de zinco nas amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio madeira, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos perfis de 5 a 100 cm.

A Resolução CONAMA nº 420/2009 que dispõe sobre os valores orientadores para solos, define como valor de prevenção a concentração de elemento traço, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. O valor de intervenção indica a concentração de determinada substância no solo acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana considerada um cenário de exposição genérico. Esta Resolução preconiza, ainda, os valores de prevenção para As – 15, Cd – 1,3, Cr - 75, Ni - 30, Pb - 72, Se - 5 e Zn – 300 mg kg⁻¹. Dessa forma, as amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira e tributários



presentaram valores de elementos traço abaixo dos valores de prevenção preconizado pela Resolução CONAMA nº 420/2009.

O Estado de Rondônia está inserido no domínio do embasamento cratônico antigo pertencente à Província do Tapajós, Sub-Província do Madeira, que localmente recebe a denominação de Complexo Jamari. A geologia da região é caracterizada pelo embasamento originário dos complexos gnáissicos, granitóides e supracrustais associados, e retrabalhados por rochas intrusivas, com destaque para as graníticas, e encoberta por sequências sedimentares, com ou sem vulcânicas associadas que datam do Proterozóico Médio e Superior (RONDÔNIA, 2002).

Os estudos geológicos da 2ª Aproximação do Zoneamento Ecológico de Rondônia apresentam as informações geológicas detalhadas da bacia do rio Madeira. Com base nesses estudos e na caracterização ambiental feita durante a 2ª campanha de campo do Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico foi elaborado o mapa com as principais unidades geológicas que ocorrem na área de influência direta e indireta da UHE Jirau. Destas, as mais representativas e importantes são:

Qpt (Terraços Fluviais Pleistocênicos) – em paleocanais e relíquias de planícies aluviais (sistemas de megafans, pedimentos e wash-out), no topo de colinas (ou outros altos topográficos), compostos de material pobremente selecionado, compreendendo fragmentos de laterita, areia e argila depositados acima do nível médio dos cursos d'água atuais;

Qpa (Sedimentos Fluviais em Canais Pleistocênicos) - frequentemente abandonados na superfície ou em paleocanais soterrados. Possuem materiais detríticos mal selecionados, compostos por areia, silte e argila, com níveis conglomeráticos;

Qha (Depósitos Aluvionares em Canais Fluviais e Planícies de Inundação dos Sistemas de Drenagens Atuais) – apresenta materiais detríticos mal selecionados, compostos de sedimentos arenosos, siltosos e argilosos, com horizontes conglomeráticos. Geralmente misturados com materiais coluvionares do Holoceno;

TQi (Coberturas Quaternárias-neogênicas Indiferenciadas) - associada com leques e canais fluviais, planícies de inundação e depósitos de lagos. Constituída de sedimentos de tamanho variado, desde



laterita a argila, com lateritização significativa. As rochas geralmente têm uma idade Neogênica (Plioceno-Mioceno), podendo incorporar materiais do Quaternário;

PMPja (Supergrupo Gnaiss-Migmatito Jaru) - constituído por ortognaisses de origem granítica, granodiorítica, tonalítica, charnoquítica, enderbítica e charno-enderbítica. Os paragnaisses incluem biotita-gnaisses, kinzigitos, rochas calcissilicatadas, anfibolitos, granulitos máficos e migmatitos anatexíticos. Retrabalhados no Proterozóico Médio;

NPps (Grupo Palmeiral - São Lourenço) - composto por ortoquartzitos esbranquiçados, arenitos arcossianos de estratificação cruzada, arcósio e conglomerados;

MPmr (Grupo Meta-Vulcano-Sedimentar Mutum-Paraná-Roosevelt) – constituída por uma sequência dobrada, porém essencialmente não-metamórfica a epimetamórfica, composta de arenito, argilito, chert, arenito hematítico, ardósia, filito, quartzito (micáceo), formação ferrífera, metatufo, gabro e diabásio;

MPyrg (Granitos Rapakivi Jovens de Rondônia) – formado por plutões de granitos sensu stricto: quartz-sienito, sienogranito, biotita-sienito, biotita-alcalifeldspato-granito e, subordinadamente, monzogranito e alcalifeldspato-granito. As primeiras variedades de rapakivi compreendem piterlito, viborgito e, em escala menor, faialita-ferrohastinsita-sienito e ferrohastinsita-biotita-quartzo-sienito;

MPteg (Suíte Intrusiva Teotônio) - é constituída de quartzo-alcalifeldspato-granito e faialita-clinopiroxênio-quartzo-alcalifeldspato-sienito, cortados por meladiorito simplutônico.

Os solos da bacia do rio Madeira apresentam um elevado nível de complexidade, característico da região Amazônica, entretanto suas características físicas e químicas médias são relativamente satisfatórias. No geral, boa parte do território do Estado de Rondônia está coberta por solos de relevo plano, drenados e derivados de materiais relativamente ricos em minerais. Todavia, não são desconsideradas possíveis zonas com solos quimicamente muito pobres, mal drenados, relevo abrupto e arenosos, os quais devem permanecer com sua cobertura vegetal original. Com base nos estudos da 2ª Aproximação do Zoneamento Ecológico de Rondônia e na caracterização ambiental feita durante a 2ª campanha de campo do Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico foi elaborado o mapa



com os principais grupos de solo que ocorrem na área de influência direta e indireta da UHE Jirau (**Figura 2-3**). Destes, as mais representativas e importantes são:

Areias Quartzosas ou Neossolos Quatzarenicos: grupo de solos que não apresenta horizonte diagnóstico, sendo originários de arenitos ricos em quartzo ou em aluviões ou colúvios transportados. Em geral, os solos apresentam características restritivas tanto físicas quanto químicas: baixa capacidade de retenção de umidade e fertilidade natural muito deficiente. A capacidade de troca catiônica é baixa, apresentando frequentemente, reação bastante ácida. Essa unidade ocupa um pouco mais de 5% da superfície do Estado de Rondônia.

Cambissolos Eutróficos: grupo de solos caracterizado pela presença de horizonte "câmbico", o qual contém uma boa proporção de minerais intemperizáveis, pouco a moderadamente profundos e ocorrência nas encostas das colinas. Este grupo de solo desenvolve-se a partir de rochas ácidas possuindo em geral baixa fertilidade e reação ácida. Em função do seu relevo e características físicas são muito suscetíveis à erosão quando desprovidos de cobertura vegetal.

Latossolos: grupo de solos com horizonte B ôxico e/ou kândico, sendo geralmente bastante intemperizados apresentando como principais minerais derivados da argila, caolinita, gipisita, minerais amorfos e sesquióxidos de ferro e alumínio. Em razão da forte lixiviação sua capacidade de troca catiônica é baixa, assim como a quantidade de cálcio, magnésio, potássio e sódio adsorvidos. Em geral, solos ricos em sesquióxidos de ferro e alumínio tendem a desenvolver níveis importantes de troca aniônica, refletindo o processo químico natural de reversão da degradação desses solos através da lixiviação. Aproximadamente 46% dos solos do Estado de Rondônia são caracterizados de latossolos.

No Brasil existem seis grupos de latossolos conforme o sistema brasileiro, sendo que na área de influência direta e indireta da UHE Jirau são reconhecidos o latossolos amarelo distrófico, Vermelho-Amarelo e Vermelho escuro distrófico.

Latossolos Amarelos: grupo de solo caracterizado pelos altos conteúdos de caolinita e hidróxidos de alumínio. A sua drenagem é, em geral, menos eficiente do que aquela que caracteriza os latossolos vermelhos, apresentando condições de oxigenação deficientes. Do ponto-de-vista da fertilidade, são



pobres, bastante ácidos e geralmente distróficos e álicos. Aproximadamente 16,5% dos solos do estado de Rondônia são caracterizados de latossolos amarelos.

Latossolos Vermelho-Amarelos: grupo de solos geralmente pobres, ácidos, álicos e distróficos, embora seja possível encontrar áreas com solos de melhores características. Aproximadamente 13,6% dos solos do estado de Rondônia são caracterizados de latossolos Vermelho-Amarelos.

Gleissolos distróficos: grupo de solos de ocorrência em regiões com excesso de água temporária e permanente, característico de drenagem precária com déficit acentuado de oxigênio. Este fato normalmente restringe o crescimento vegetal apesar de existirem espécies adaptadas tais como arroz, juta, algumas palmeiras, pastagem e forrageiras. Outro fato associado é o excesso de hidróxido de ferro, consequência do estado de quase permanente redução, dificultando o crescimento de espécies tolerantes à inundação. Em Rondônia, muitos desses solos se desenvolveram a partir de depósitos aluviais ao longo dos rios. Além da restrição decorrente do excesso de umidade, apresentam baixa fertilidade, pH baixo e altos níveis de saturação de alumínio. Aproximadamente 10% dos solos do estado de Rondônia são caracterizados de gleissolos distróficos.

Os principais grupos de solo que ocorrem na área de influência direta e indireta da UHE Jirau estão apresentados no **Quadro 2-8**.

Quadro 2-8 – Pontos de amostragem de solo nos principais grupos de solo que ocorrem na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, com sua descrição e classificação pedológica.

PONTOS	USO E OCUPAÇÃO	PEDOLOGIA
P1	Margem direita do rio Madeira jusante da confluência do rio Mamoré e rio Beni	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico
P2	Margem direita do rio Madeira próximo ao igarapé Ribeirão	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico
P3	Margem direita do igarapé Araras	Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico
P4	Margem esquerda do rio Abunã próximo a confluência com o rio Madeira	Gleissolo Distrófico
P5	Margem direita do rio Madeira	Gleissolo Distrófico
P6	Margem direita do rio Madeira, próximo ao ponto MAD 3	Gleissolo Distrófico



Quadro 2-8 – Pontos de amostragem de solo nos principais grupos de solo que ocorrem na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, com sua descrição e classificação pedológica – Continuação.

PONTOS	USO E OCUPAÇÃO	PEDOLOGIA
P7	Margem esquerda do rio Madeira a montante do rio Mutum Paraná	Gleissolo Distrófico
P8	Margem esquerda do rio Mutum Paraná	Gleissolo Distrófico
P9	Margem direita do rio Madeira, próximo ao ponto MAD 4	Latossolos Amarelos Distróficos
P10	Margem direita do rio Madeira a jusante do ponto MAD 4	Latossolos Amarelos Distróficos
P11	Margem direita do rio Madeira, a montante do igarapé Jirau	Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico
P12	Drenagem do igarapé Jirau	Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico
P13	Drenagem do igarapé Jirau	Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico
P14	Área a montante do canteiro de obras da AHE Jirau	Neossolo Litólico

Os resultados da determinação de matéria orgânica e análises granulométricas dos solos coletados na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, na enchente de 2010 a enchente de 2016, estão apresentados resumidamente no **Quadro 2-9**.

Quadro 2-9 – Concentrações de matéria orgânica (% m/m) e das análises granulométricas (% m/m) em amostras de solo coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, período de enchente de 2010 a enchente de 2016.

FASE	CAMP.	PERÍODO HIDROLÓGICO	% MATÉRIA ORGÂNICA	% AREIA	% SILTE	% ARGILA
			MÉDIA E DP	MÉDIA E DP	MÉDIA E DP	MÉDIA E DP
Fase operativa	26 ^a	Enchente de 2016	6,82 ± 1,89	68,31 ± 4,18	23,47 ± 4,87	5,29 ± 1,68
	24 ^a	Vazante de 2015	7,87 ± 1,78	67,62 ± 3,97	21,78 ± 4,89	5,40 ± 1,45
	22 ^a	Enchente de 2015	5,20 ± 1,38	69,05 ± 6,16	21,52 ± 5,52	5,73 ± 1,40
	20 ^a	Vazante de 2014	10,01 ± 3,47	65,77 ± 7,32	26,38 ± 5,84	6,48 ± 2,18

Quadro 2-9 – Concentrações de matéria orgânica (% m/m) e das análises granulométricas (% m/m) em amostras de solo coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, período de enchente de 2010 a enchente de 2016 – Continuação.

FASE	CAMP.	PERÍODO HIDROLÓGICO	% MATÉRIA ORGÂNICA	% AREIA	% SILTE	% ARGILA
			MÉDIA E DP	MÉDIA E DP	MÉDIA E DP	MÉDIA E DP
Fase enchimento	18 ^a	Enchente 2014	8,90 ± 3,83	60,88 ± 4,86	25,99 ± 5,51	6,29 ± 1,89
	16 ^a	Vazante 2013	8,71 ± 3,82	62,38 ± 6,96	24,97 ± 7,17	6,13 ± 1,81
	14 ^a	Enchente 2013	8,73 ± 3,69	62,46 ± 6,26	24,70 ± 6,13	6,19 ± 1,98
Fase rio	12 ^a	Vazante 2012	6,47 ± 0,95	66,59 ± 7,41	24,93 ± 6,88	6,06 ± 1,53
	10 ^a	Enchente de 2012	6,62 ± 1,32	64,93 ± 7,29	26,98 ± 7,22	5,55 ± 1,22
	8 ^a	Vazante de 2011	8,57 ± 1,89	65,10 ± 5,92	22,40 ± 4,70	5,30 ± 1,33
	6 ^a	Enchente de 2011	7,47 ± 1,51	67,95 ± 3,48	18,89 ± 3,73	6,35 ± 1,76
	4 ^a	Vazante de 2010	6,15 ± 1,61	74,83 ± 6,27	18,89 ± 4,13	5,07 ± 1,30
	2 ^a	Enchente de 2010	5,99 ± 1,54	77,13 ± 6,86	18,64 ± 4,17	5,32 ± 1,22

* Camp.: Campanha.

A distribuição dos elementos traço no solo e sedimento está relacionada com o conteúdo de carbono orgânico, argila, ferro, fósforo, potencial redox e enxofre, dentre outros. Os agentes orgânicos complexantes solúveis em água, tais como humatos e fulvatos, podem quelar as espécies solúveis e insolúveis na água; os últimos precipitam-se diretamente da solução para o sedimento.

As análises granulométricas dos solos coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira na fase rio do empreendimento (enchente de 2010 à vazante de 2012) apresentaram mediana de 7,02 e média $6,96 \pm 1,74\%$ (m/m) de matéria orgânica, mediana de 68,41 e média $69,15 \pm 7,86\%$ (m/m) de areia, mediana de 20,39 e média $21,83 \pm 6,16\%$ (m/m) de silte, enquanto a mediada de argila foi 5,45 e média $5,61 \pm 1,44\%$ (m/m), sendo característico de solo da região Amazônica.

As análises granulométricas dos solos coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira na fase enchimento do empreendimento (enchente de 2013 à enchente de 2014) apresentaram mediana



de 8,28 e média $8,78 \pm 3,69\%$ (m/m) de matéria orgânica, mediana de 60,08 e média $61,91 \pm 5,98\%$ (m/m) de areia, mediana de 25,88 e média $25,22 \pm 6,18\%$ (m/m) de silte, enquanto a mediana de argila foi 6,25 e média $6,17 \pm 1,85\%$ (m/m), sendo característico de solo da região Amazônica e semelhantes aos determinados na fase rio do empreendimento.

As análises granulométricas dos solos coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira na fase operativa do empreendimento (vazante de 2014 à enchente de 2016) apresentaram mediana de 7,37 e média $7,54 \pm 2,81\%$ (m/m) de matéria orgânica, mediana de 68,18 e média $67,54 \pm 5,58\%$ (m/m) de areia, mediana de 22,14 e média $23,36 \pm 5,46\%$ (m/m) de silte, enquanto a mediana de argila foi 5,67 e média $5,75 \pm 1,72\%$ (m/m), sendo característico de solo da região Amazônica e semelhantes aos determinados na fase rio e enchimento do empreendimento.

Os solos possuem elevada capacidade de reter e armazenar elementos traço, devido à complexação destes com a matéria orgânica presente e os argilosos geralmente apresentam maior capacidade de complexação com elementos traço, podendo acumulá-los por muitos anos (ROCHA et al., 2000 e 2003).

As concentrações de elementos traço nos perfis de solo coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira devem ser analisadas com cuidado, pois a integridade do perfil nem sempre é garantida, ou seja, o fato de se obter fatias do solo a partir da interface com a atmosfera, parte do pressuposto que não houve perturbação na forma de depósito nestes segmentos de solo.

2.4.3 Concentrações de elementos traço em sedimento

As concentrações do elemento crômio (Cr) em amostras de sedimento coletadas na bacia do rio Madeira durante as fases rio, enchimento e operativa, estão apresentadas no **Quadro 2-10**.



Quadro 2-10 – Concentrações (mg kg^{-1}) de Cr nas amostras de sedimento coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa.

PONTO	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP
P1-MAM	Calha	6,10	5,88	1,49	6,34	13,31	10,68	23,54	21,37	6,75
P1.2-BENI	Calha	6,74	6,57	1,69	14,78	14,49	1,12	12,94	13,49	2,65
P2-MAD 1A-MD	Calha	6,34	5,35	3,25	3,95	4,26	3,02	11,71	11,36	2,79
P2-MAD 1B-Centro	Calha	5,33	5,49	2,99	3,66	3,84	0,73	11,54	10,73	2,70
P2-MAD 1C-ME	Calha	6,08	6,03	3,40	4,38	4,34	2,90	22,18	22,76	15,25
P3-RIB	Tributário	4,68	5,12	3,93	7,57	7,20	2,75	4,77	6,35	5,30
P4-ARA	Tributário	6,55	6,65	3,54	6,71	7,59	1,79	12,11	12,54	3,29
P5-ABU	Tributário	2,31	2,46	1,29	7,18	7,47	2,17	7,74	7,18	2,11
P6-MAD 2A-MD	Calha	6,52	6,27	1,75	15,98	16,15	2,94	10,39	11,48	3,87
P6-MAD 2B-Centro	Calha	7,45	7,20	2,24	14,11	16,75	7,29	12,08	12,56	4,13
P6-MAD 2C-ME	Calha	7,78	7,25	1,66	23,01	22,13	2,14	14,69	13,45	3,35
P7-SIZ	Tributário	6,37	6,02	2,23	19,32	17,96	3,72	7,59	9,13	3,70
P7-SIZ 2	Tributário	-	-	-	15,88	16,04	3,82	9,32	11,15	4,10
P8-SIM 1	Tributário	5,86	6,55	2,51	18,88	16,90	5,77	10,64	10,64	0,88
P8-SIM 2	Tributário	-	-	-	18,85	19,34	6,40	9,45	10,75	2,25
P9-MAD 3A-MD	Calha	6,04	6,57	2,38	12,16	14,70	8,91	10,58	10,55	1,87
P9-MAD 3B-Centro	Calha	5,76	6,17	2,50	15,41	13,87	5,26	11,43	11,28	3,48
P9-MAD 3C-ME	Calha	6,82	6,73	2,26	11,55	17,85	14,18	14,23	15,53	5,67
P10-CAS 1	Tributário	5,86	6,44	2,65	13,90	12,94	2,70	8,36	8,69	1,73
P10-CAS 2	Tributário	-	-	-	11,74	12,59	3,50	18,55	20,56	9,97
P11-MTP 1A	Tributário	2,94	3,28	2,62	12,25	9,19	6,11	34,44	32,32	12,81
P11-MTP 1B	Tributário	-	-	-	10,64	10,04	5,60	30,61	29,35	8,66
P12-COT 1	Tributário	5,27	5,71	3,30	6,77	6,87	2,61	17,31	17,71	6,66
P12-COT 2	Tributário	-	-	-	8,91	8,12	2,11	21,59	21,37	8,20
P13-MUT 1A	Tributário	6,34	7,60	5,24	20,01	21,86	6,80	21,39	19,88	6,08



Quadro 2-10 – Concentrações (mg kg^{-1}) de Cr nas amostras de sedimento coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa – Continuação.

PONTO	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP
P13-MUT 1B	Tributário	-	-	-	24,93	22,47	5,69	21,09	22,01	8,09
P13-MUT 1C	Tributário	-	-	-	18,17	20,44	9,07	22,12	23,51	9,09
P14-MAD 4A-MD	Calha	6,10	6,25	1,77	13,65	13,77	3,30	15,32	13,05	4,59
P14-MAD 4B-Centro	Calha	5,47	6,56	2,64	13,12	16,83	7,73	15,21	15,05	4,68
P14-MAD 4C-ME	Calha	6,06	6,14	2,18	16,63	19,73	10,68	14,72	15,48	6,08
P15-LOU 1	Tributário	6,78	6,65	2,76	18,69	17,24	4,80	9,18	10,51	3,44
P15-LOU 2	Tributário	-	-	-	10,34	11,28	2,47	10,22	10,56	1,64
P16-CAI 1	Tributário	6,14	5,77	2,80	9,03	8,75	1,29	6,94	6,95	0,92
P16-CAI 2	Tributário	-	-	-	12,03	13,75	5,84	8,06	8,82	0,92
P17-JIR 1	Tributário	7,51	6,77	2,10	19,42	18,41	5,35	9,71	10,56	1,58
P17-JIR 2	Tributário	-	-	-	16,14	17,48	5,27	11,92	11,59	2,40
P18-MAD 5A-MD	Calha	6,23	6,59	2,17	15,52	21,67	11,84	18,37	19,60	6,27
P18-MAD 5B-Centro	Calha	6,04	5,99	2,97	19,58	20,07	8,13	17,98	17,34	3,12
P18-MAD 5C-ME	Calha	6,32	5,76	2,13	31,88	34,46	22,99	19,34	20,60	7,11
P19-MAD 6A-MD	Calha	7,41	7,22	3,20	16,94	18,43	4,31	18,39	17,46	4,00
P19-MAD 6B-Centro	Calha	7,52	6,51	2,36	19,46	21,54	7,73	19,04	19,08	5,16
P19-MAD 6C-ME	Calha	7,18	6,58	2,37	26,02	26,85	2,27	19,93	20,42	6,08
P20-MTP 2	Tributário	3,39	3,91	2,54	14,71	14,91	13,98	24,26	21,96	6,76
P21-RAU	Tributário	-	-	-	-	-	-	19,43	20,79	6,46
P22- P.CAP	Tributário	-	-	-	22,27	23,29	6,45	24,26	22,02	7,00

*DP: Desvio padrão.

As concentrações de arsênio (As), cádmio (Cd) e selênio (Se) nas amostras de sedimento na calha do rio Madeira e nos tributários foram menores que $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$.

Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as concentrações de cromo (Cr) nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 6,4 e valor médio $5,87 \pm 2,78 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi 5,28 e valor médio $5,16 \pm 3,40 \text{ mg kg}^{-1}$. Na fase de enchimento do reservatório (seca 2012 à cheia de 2014) as concentrações de Cr nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 15,48 e valor médio $16,82 \pm 10,97 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi 12,94 e valor médio $13,67 \pm 7,19 \text{ mg kg}^{-1}$. Na fase operativa do empreendimento (vazante de 2014 à enchente de 2016) as concentrações de Cr nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 14,82 e valor médio $15,63 \pm 6,55 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi 11,90 e valor médio $15,43 \pm 9,11 \text{ mg kg}^{-1}$. Pode-se inferir que as concentrações médias de Cr aumentaram da fase rio para a fase enchimento, tanto na calha quanto nos tributários do rio Madeira, sendo que essas concentrações se mostraram relativamente constantes da fase enchimento para a fase operativa.

As análises mostram grande variabilidade das concentrações de Cr nos tributários e na calha do rio Madeira, conforme pode ser observado nos desvios padrões e no boxplot abaixo (**Figura 2-22**). As concentrações medianas na calha foram superiores às dos tributários em todas as fases do empreendimento. Para melhor visualização dos dados foi removido do gráfico o Madeira 5 da margem esquerda (P18-MAD 5C), da enchente de 2013, devido ao seu valor extremo ($81,17 \text{ mg kg}^{-1}$).



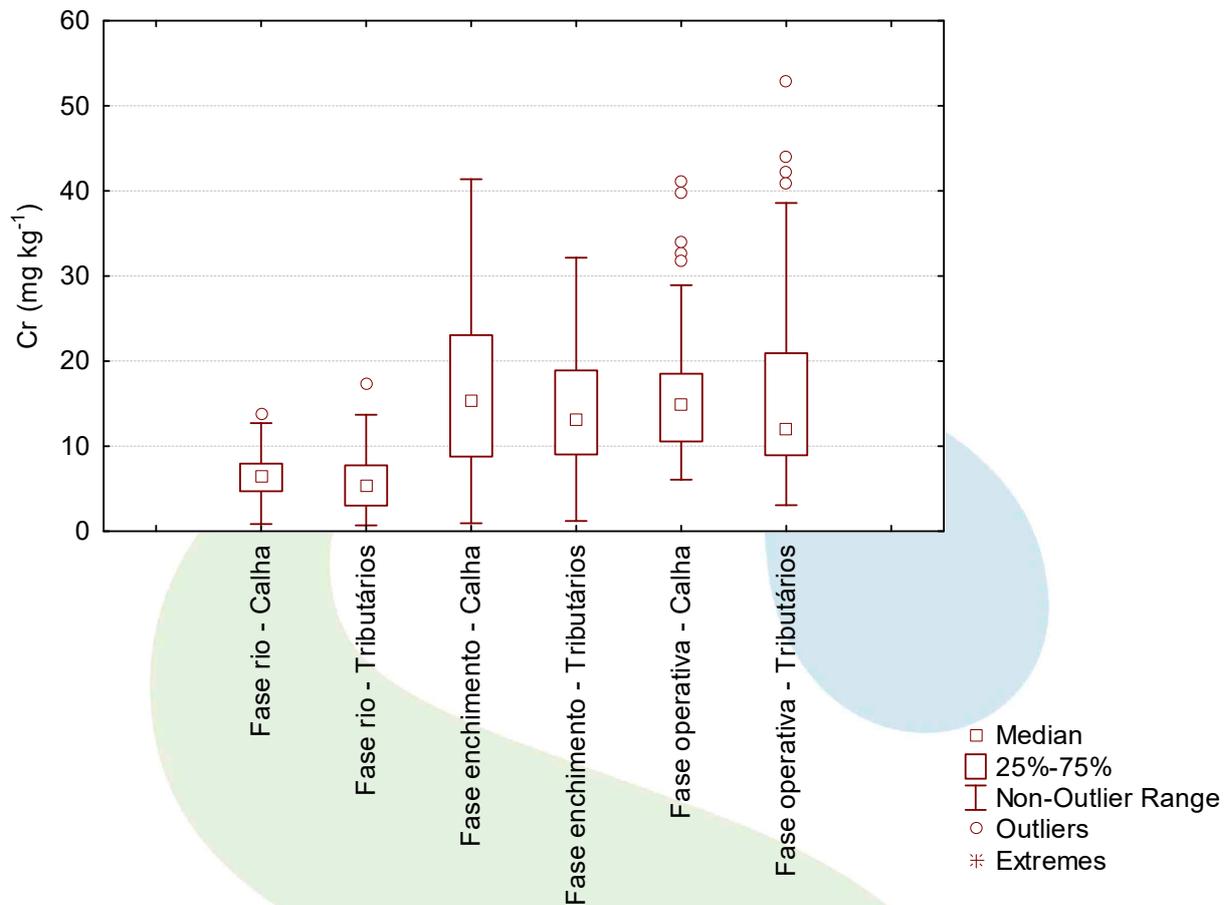


Figura 2-22 – Boxplot das concentrações de crômio (Cr) nas amostras de água coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa).

As concentrações do elemento manganês (Mn) em amostras de sedimento coletadas na bacia do rio Madeira durante as fases rio, enchimento e operativa, estão apresentadas no **Quadro 2-11**.



Quadro 2-11 – Concentrações (mg kg^{-1}) de Mn nas amostras de sedimento coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa.

PONTO	ESTA- ÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDIA- NA	MÉ- DIA	DP	MEDIA- NA	MÉ- DIA	DP	MEDIA- NA	MÉ- DIA	DP
P1-MAM	Calha	147,60	145,21	33,74	166,15	170,58	46,15	271,49	274,80	67,72
P1.2-BENI	Calha	136,60	129,21	33,16	136,20	149,18	43,18	166,83	169,13	33,93
P2-MAD 1A-MD	Calha	130,91	126,07	38,68	163,61	179,84	57,60	215,06	218,89	64,85
P2-MAD 1B-Centro	Calha	117,86	114,78	36,67	127,97	177,44	99,98	232,94	216,20	46,17
P2-MAD 1C-ME	Calha	129,06	122,69	55,80	156,31	158,77	40,65	175,34	188,09	52,33
P3-RIB	Trib.	58,87	67,18	53,94	55,36	116,67	100,25	134,83	144,64	35,00
P4-ARA	Trib.	15,03	29,85	28,55	72,17	112,94	81,51	143,51	138,19	37,51
P5-ABU	Trib.	33,70	35,11	25,69	96,48	98,56	48,77	102,72	109,38	20,94
P6-MAD 2A-MD	Calha	143,27	134,38	47,57	80,52	71,81	32,53	144,77	134,26	48,93
P6-MAD 2B-Centro	Calha	155,60	145,69	38,18	128,43	140,68	45,92	155,43	146,47	54,08
P6-MAD 2C-ME	Calha	152,40	150,74	34,97	99,04	136,77	80,72	172,48	161,77	62,01
P7-SIZ	Trib.	120,40	117,25	50,79	67,90	74,65	21,92	95,85	120,90	52,80
P7-SIZ 2	Trib.	-	-	-	78,26	75,79	24,70	94,60	112,72	47,07
P8-SIM 1	Trib.	129,20	132,07	38,88	102,33	119,15	56,29	68,05	80,17	23,30
P8-SIM 2	Trib.	-	-	-	93,85	100,85	41,54	71,42	88,50	28,02
P9-MAD 3A-MD	Calha	129,20	132,07	38,88	156,95	163,48	34,12	138,42	129,16	44,67
P9-MAD 3B-Centro	Calha	119,89	135,65	38,63	195,53	185,79	49,27	142,81	149,62	59,20
P9-MAD 3C-ME	Calha	145,50	141,40	33,21	144,58	151,35	27,42	125,94	126,12	37,16
P10-CAS 1	Trib.	123,15	116,29	60,50	164,87	181,83	63,70	175,66	174,31	47,44
P10-CAS 2	Trib.	-	-	-	145,40	160,19	76,26	139,41	165,74	57,78
P11-MTP 1A	Trib.	13,86	43,83	44,70	42,32	90,42	80,62	127,92	140,45	39,52
P11-MTP 1B	Trib.	-	-	-	46,76	103,37	83,50	163,87	172,51	34,20
P12-COT 1	Trib.	51,91	122,39	147,43	23,11	64,13	63,27	108,37	122,24	35,73



Quadro 2-11 – Concentrações (mg kg⁻¹) de Mn nas amostras de sedimento coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa – Continuação.

PONTO	ESTA- ÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDI- ANA	MÉ- DIA	DP	MEDI- ANA	MÉ- DIA	DP	MEDI- ANA	MÉ- DIA	DP
P12-COT 2	Trib.	-	-	-	16,62	70,65	74,82	138,04	142,06	27,12
P13-MUT 1A	Trib.	79,08	66,06	45,60	100,23	154,11	98,40	201,43	247,29	104,36
P13-MUT 1B	Trib.	-	-	-	91,36	149,47	83,70	218,92	243,44	69,74
P13-MUT 1C	Trib.	-	-	-	163,16	168,26	60,66	223,17	241,18	53,90
P14-MAD 4A-MD	Calha	148,20	140,48	40,58	110,21	121,81	49,01	162,95	167,63	59,22
P14-MAD 4B- Centro	Calha	138,02	141,09	38,37	108,44	120,40	29,76	172,79	193,56	80,77
P14-MAD 4C-ME	Calha	154,10	154,41	35,02	154,20	151,09	38,60	169,55	168,91	53,35
P15-LOU 1	Trib.	135,70	125,72	54,87	138,94	142,56	36,50	175,51	182,37	43,99
P15-LOU 2	Trib.	-	-	-	89,12	113,79	54,72	176,43	178,92	38,57
P16-CAI 1	Trib.	140,20	150,36	68,71	100,90	108,38	25,41	99,31	106,28	17,56
P16-CAI 2	Trib.	-	-	-	121,84	115,64	22,52	112,76	122,84	17,56
P17-JIR 1	Trib.	122,10	116,15	61,34	84,42	92,99	34,06	120,64	122,05	24,85
P17-JIR 2	Trib.	-	-	-	93,46	102,25	30,33	137,90	139,33	27,99
P18-MAD 5A-MD	Calha	156,50	157,03	41,30	97,42	108,76	41,52	149,59	171,64	67,60
P18-MAD 5B- Centro	Calha	123,00	127,24	30,22	100,27	135,02	67,08	182,38	209,78	115,42
P18-MAD 5C-ME	Calha	126,30	145,66	66,95	86,69	86,64	34,78	151,26	173,48	70,34
P19-MAD 6A-MD	Calha	146,30	146,16	34,07	76,52	116,72	65,06	149,67	162,69	57,22
P19-MAD 6B- Centro	Calha	149,30	141,40	65,19	86,11	134,02	84,51	152,76	183,67	90,31
P19-MAD 6C-ME	Calha	160,90	161,28	40,97	136,27	144,03	47,04	134,83	156,80	63,77
P20-MTP 2	Trib.	70,29	76,26	70,06	53,78	113,38	107,23	230,06	259,19	125,74
P21-RAU	Trib.	-	-	-	-	-	-	151,62	203,16	127,67
P22- P.CAP	Trib.	-	-	-	100,45	127,62	54,75	135,31	162,70	79,59

*DP: Desvios padrão; Trib.: Tributários.



Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as concentrações de manganês (Mn) nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 145,05 e valor médio $126 \pm 56,75 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi 83,87 e valor médio $84,26 \pm 74,72 \text{ mg kg}^{-1}$. Na fase de enchimento do reservatório (seca 2012 à cheia de 2014) as concentrações de Mn nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 133,55 e valor médio $139,94 \pm 58,66 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi 95,90 e valor médio $111,71 \pm 69,36 \text{ mg kg}^{-1}$. Na fase operativa do empreendimento (vazante de 2014 à enchente de 2016) as concentrações de Mn nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 157,44 e valor médio $175,13 \pm 68,85 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi 139,30 e valor médio $156,38 \pm 72,40 \text{ mg kg}^{-1}$. Pode-se inferir que as concentrações médias de Mn aumentaram da fase rio para a fase operativa, tanto na calha quanto nos tributários do rio Madeira. As análises mostram grande variabilidade das concentrações de Mn nos tributários e na calha do rio Madeira, conforme pode ser observado nos desvios padrões e no boxplot abaixo (**Figura 2-23**). As concentrações medianas na calha foram superiores às dos tributários para todas as fases do empreendimento.



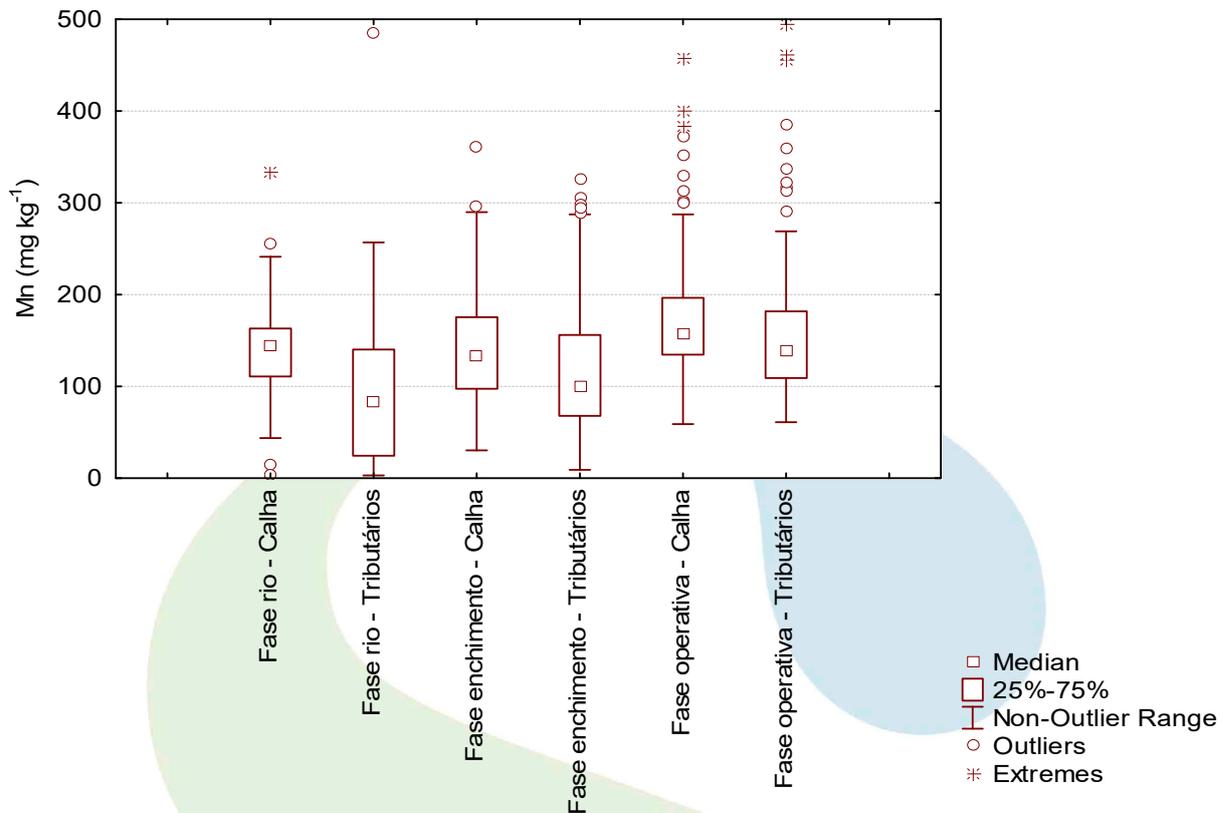


Figura 2-23 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) nas amostras de sedimento coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa).

As concentrações do elemento níquel (Ni) em amostras de sedimento coletadas na bacia do rio Madeira durante as fases rio, enchimento e operativa, estão apresentadas no **Quadro 2-12**.

Quadro 2-12 – Concentrações (mg kg^{-1}) de Ni nas amostras de sedimento coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa.

PONTO	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP
P1-MAM	Calha	11,96	11,70	5,62	17,69	17,50	8,30	19,45	18,46	6,18
P1.2-BENI	Calha	12,51	11,74	4,37	25,33	24,87	1,92	24,85	21,48	8,80
P2-MAD 1A-MD	Calha	7,74	8,52	3,98	20,18	22,35	7,82	16,02	16,09	5,14



Quadro 2-12 – Concentrações (mg kg⁻¹) de Ni nas amostras de sedimento coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa – Continuação.

PONTO	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP
P2-MAD 1B-Centro	Calha	7,90	8,59	4,34	18,97	19,56	4,21	15,98	14,47	4,00
P2-MAD 1C-ME	Calha	6,19	8,97	5,76	26,82	27,99	9,69	14,35	16,31	5,31
P3-RIB	Tributário	2,30	7,15	9,27	17,28	17,13	12,60	18,52	17,67	5,10
P4-ARA	Tributário	3,26	4,65	4,19	13,42	15,36	13,52	14,40	13,59	5,98
P5-ABU	Tributário	1,63	3,05	3,73	8,02	7,17	4,74	7,93	8,47	2,35
P6-MAD 2A-MD	Calha	12,25	12,42	5,53	20,83	22,54	6,36	13,94	13,40	3,69
P6-MAD 2B-Centro	Calha	14,51	14,00	5,65	23,76	24,20	5,53	13,31	12,38	3,60
P6-MAD 2C-ME	Calha	12,44	13,42	6,57	21,71	22,25	5,11	12,95	12,76	3,38
P7-SIZ	Tributário	12,99	12,96	5,10	16,42	15,93	9,42	6,98	7,36	3,83
P7-SIZ 2	Tributário	-	-	-	15,16	16,83	10,96	8,73	9,38	1,58
P8-SIM 1	Tributário	12,49	12,56	4,27	16,31	15,42	7,19	8,52	8,22	1,70
P8-SIM 2	Tributário	-	-	-	17,72	16,46	8,46	9,72	9,67	1,95
P9-MAD 3A-MD	Calha	12,44	11,96	4,57	25,00	24,11	8,40	19,79	19,90	7,15
P9-MAD 3B-Centro	Calha	11,67	12,05	4,75	25,92	25,11	5,62	15,42	14,73	3,06
P9-MAD 3C-ME	Calha	12,95	12,79	5,39	28,28	27,48	5,01	14,67	15,57	4,32
P10-CAS 1	Tributário	12,04	11,82	5,90	19,34	22,21	8,27	18,32	17,71	3,97
P10-CAS 2	Tributário	-	-	-	29,15	26,99	7,56	21,61	21,89	4,35
P11-MTP 1A	Tributário	0,99	1,43	1,07	13,37	13,83	11,63	18,21	18,55	7,29
P11-MTP 1B	Tributário	-	-	-	17,00	17,17	14,34	23,25	23,67	7,70
P12-COT 1	Tributário	1,50	1,99	1,62	1,10	2,24	1,93	3,84	8,77	7,56
P12-COT 2	Tributário	-	-	-	2,20	2,36	1,64	15,24	15,35	14,03
P13-MUT 1A	Tributário	3,36	3,55	1,93	10,10	11,18	5,15	11,71	12,21	3,17
P13-MUT 1B	Tributário	-	-	-	7,76	14,57	11,33	14,77	15,14	5,96
P13-MUT 1C	Tributário	-	-	-	11,70	15,55	15,02	18,78	19,50	8,77
P14-MAD 4A-MD	Calha	13,25	12,34	4,81	25,24	25,39	6,08	17,72	18,68	4,33

Quadro 2-12 – Concentrações (mg kg⁻¹) de Ni nas amostras de sedimento coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa – Continuação.

PONTO	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP
P14-MAD 4B-Centro	Calha	12,18	12,62	6,36	23,19	23,68	10,55	18,35	18,31	3,98
P14-MAD 4C-ME	Calha	11,18	12,45	6,57	23,76	22,33	7,10	17,62	18,97	5,56
P15-LOU 1	Tributário	11,69	11,89	5,64	19,27	16,85	8,66	20,54	19,19	4,40
P15-LOU 2	Tributário	-	-	-	13,60	14,03	11,05	21,27	21,69	5,93
P16-CAI 1	Tributário	12,16	12,67	5,61	10,51	17,87	11,63	20,79	22,36	5,86
P16-CAI 2	Tributário	-	-	-	26,21	25,00	7,59	21,74	22,72	5,86
P17-JIR 1	Tributário	11,41	11,93	5,92	23,34	28,21	12,07	16,84	15,45	4,20
P17-JIR 2	Tributário	-	-	-	21,77	24,71	5,83	19,16	18,28	5,65
P18-MAD 5A-MD	Calha	10,78	12,05	6,34	21,93	21,16	8,25	16,45	19,84	8,83
P18-MAD 5B-Centro	Calha	10,11	11,42	6,84	16,44	19,90	9,29	14,83	18,48	6,92
P18-MAD 5C-ME	Calha	9,59	11,22	5,66	26,96	29,03	7,85	17,95	18,40	6,46
P19-MAD 6A-MD	Calha	11,73	12,40	6,17	28,83	28,24	5,40	18,71	20,87	5,07
P19-MAD 6B-Centro	Calha	11,40	12,59	6,06	25,75	26,15	6,32	19,25	19,45	3,54
P19-MAD 6C-ME	Calha	15,30	13,42	6,30	24,42	24,47	4,19	19,42	19,33	5,55
P20-MTP 2	Tributário	3,53	4,07	3,13	15,38	16,53	15,30	18,86	21,40	10,89
P21-RAU	Tributário	-	-	-	-	-	-	20,11	19,66	2,82
P22- P.CAP	Tributário	-	-	-	26,54	25,79	5,01	18,43	19,09	3,26

*DP: Desvio padrão.

Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as concentrações de níquel (Ni) nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 10,74 e valor médio $11,72 \pm 5,69$ mg kg⁻¹ e nos tributários a mediana foi 5,61 e valor médio $7,34 \pm 6,62$ mg kg⁻¹. Na fase de enchimento do reservatório (seca 2012 à cheia de 2014) as concentrações de Ni nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 23,82 e valor médio $23,89 \pm 7,23$ mg kg⁻¹ e nos tributários a mediana foi 15,02 e valor médio $15,20 \pm 11,50$ mg kg⁻¹. Na fase operativa do

empreendimento (vazante de 2014 à enchente de 2016) as concentrações de Ni nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 16,47 e valor médio $17,39 \pm 5,77 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi 17,26 e valor médio $16,32 \pm 7,63 \text{ mg kg}^{-1}$. Pode-se inferir que as concentrações médias de Ni aumentaram da fase rio para a fase enchimento e diminuíram da fase enchimento para a fase operativa, tanto na calha quanto nos tributários do rio Madeira. As análises mostram grande variabilidade das concentrações de Ni nos tributários e na calha do rio Madeira, conforme pode ser observado nos desvios padrões e no boxplot abaixo (**Figura 2-24**). As concentrações medianas na calha foram superiores às observadas nos tributários nas fases rio e enchimento, na fase operativa as concentrações de Ni foram superiores nos tributários.

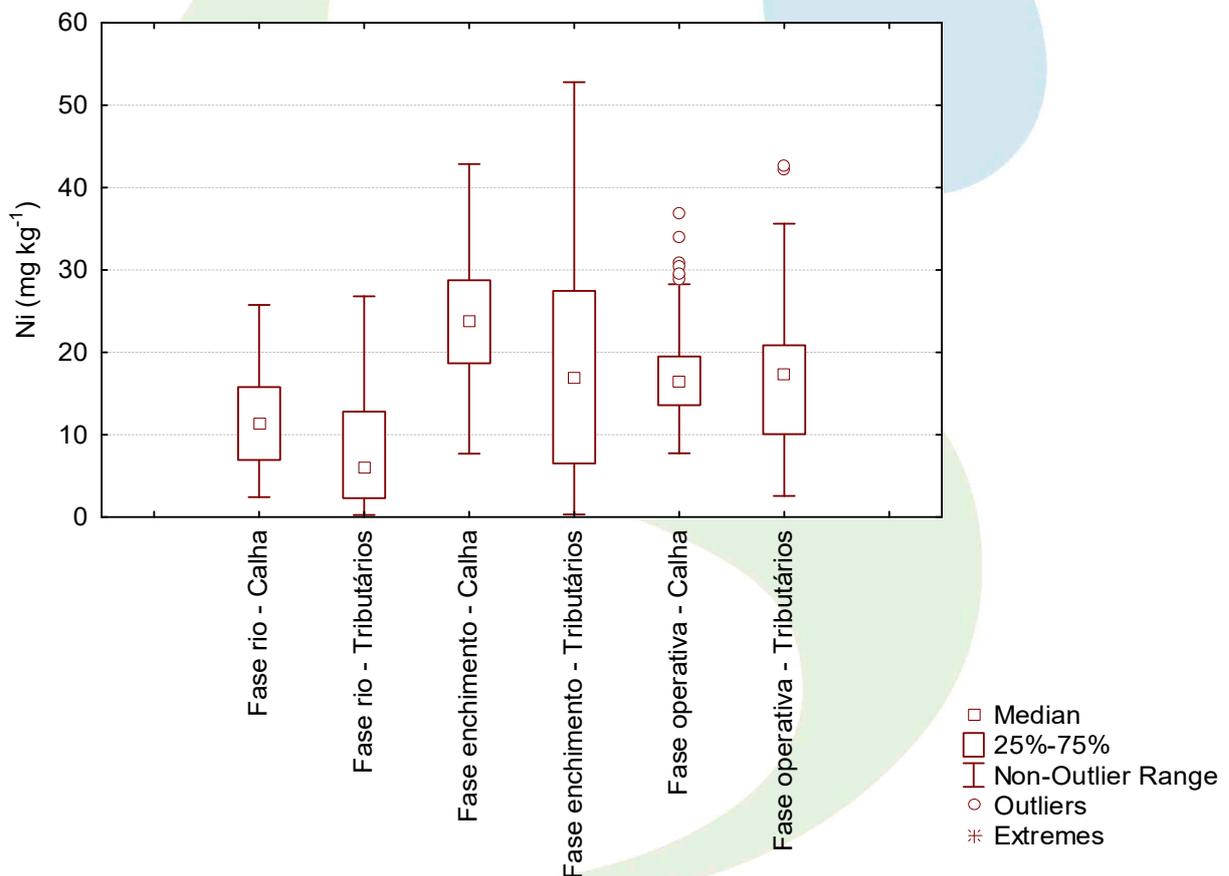


Figura 2-24 – Boxplot das concentrações de níquel (Ni) nas amostras de sedimento coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa).



As concentrações do elemento chumbo (Pb) em amostras de sedimento coletadas na bacia do rio Madeira durante as fases rio, enchimento e operativa, estão apresentadas no **Quadro 2-13**.

Quadro 2-13 – Concentrações (mg kg^{-1}) de Pb nas amostras de sedimento coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa.

PONTO	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP
P1-MAM	Calha	7,29	6,76	2,64	6,36	5,95	2,83	5,79	6,21	1,18
P1.2-BENI	Calha	1,30	3,19	3,25	6,38	6,24	0,53	4,71	5,12	1,12
P2-MAD 1A-MD	Calha	1,53	1,87	0,93	2,54	3,86	2,34	6,97	6,11	1,51
P2-MAD 1B-Centro	Calha	1,70	1,79	0,74	3,66	3,74	0,67	4,82	4,88	0,92
P2-MAD 1C-ME	Calha	1,72	1,79	0,72	4,05	5,53	2,85	6,45	7,70	4,08
P3-RIB	Tributário	2,71	2,86	1,18	3,63	3,58	2,42	7,13	7,07	3,86
P4-ARA	Tributário	4,82	5,12	3,31	3,25	4,90	2,77	7,11	8,09	2,82
P5-ABU	Tributário	0,55	0,69	0,44	3,11	3,45	2,83	4,05	6,58	4,81
P6-MAD 2A-MD	Calha	4,10	4,97	2,06	4,09	3,34	2,07	5,25	5,33	1,38
P6-MAD 2B-Centro	Calha	4,41	5,37	2,83	3,36	3,07	1,84	4,13	4,58	1,61
P6-MAD 2C-ME	Calha	5,82	6,07	2,65	4,09	3,99	2,32	5,54	5,40	1,50
P7-SIZ	Tributário	7,19	6,83	3,18	4,22	7,25	5,39	4,38	5,04	1,94
P7-SIZ 2	Tributário	-	-	-	5,87	8,58	5,79	5,68	5,74	1,54
P8-SIM 1	Tributário	3,67	4,04	1,37	4,42	5,92	3,29	4,81	4,86	1,20
P8-SIM 2	Tributário	-	-	-	15,53	12,08	7,36	4,84	4,69	1,44
P9-MAD 3A-MD	Calha	3,67	4,04	1,37	6,49	7,37	2,40	6,43	6,21	1,33
P9-MAD 3B-Centro	Calha	4,72	4,97	1,52	6,74	7,23	2,17	5,18	5,23	1,28
P9-MAD 3C-ME	Calha	5,24	5,27	1,44	4,73	4,74	0,90	5,22	5,19	0,92
P10-CAS 1	Tributário	3,69	3,34	2,13	5,82	6,04	2,19	4,96	5,16	1,23



Quadro 2-13 – Concentrações (mg kg⁻¹) de Pb nas amostras de sedimento coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa – Continuação.

PONTO	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP
P10-CAS 2	Tributário	-	-	-	6,07	6,88	1,97	5,63	5,61	0,99
P11-MTP 1ª	Tributário	1,72	2,30	2,35	4,41	4,05	1,90	5,41	5,26	0,82
P11-MTP 1B	Tributário	-	-	-	5,31	5,04	2,26	6,14	6,42	1,17
P12-COT 1	Tributário	1,12	1,36	1,51	5,77	5,51	0,92	4,66	4,99	1,03
P12-COT 2	Tributário	-	-	-	5,78	5,74	1,07	5,12	5,45	1,26
P13-MUT 1ª	Tributário	1,22	3,15	3,36	5,30	5,11	3,11	8,17	8,82	2,44
P13-MUT 1B	Tributário	-	-	-	6,04	5,58	3,23	8,08	8,42	1,19
P13-MUT 1C	Tributário	-	-	-	4,57	4,57	3,97	8,17	8,22	1,66
P14-MAD 4A-MD	Calha	4,19	4,34	1,29	4,18	3,83	1,47	5,07	5,59	1,48
P14-MAD 4B-Centro	Calha	3,50	4,42	1,93	3,15	3,36	0,72	5,07	5,31	1,72
P14-MAD 4C-ME	Calha	3,67	3,96	1,28	4,19	5,45	2,49	6,78	7,03	1,08
P15-LOU 1	Tributário	5,28	5,41	4,16	4,51	4,82	2,03	4,45	3,89	1,42
P15-LOU 2	Tributário	-	-	-	6,46	6,78	2,74	3,67	3,96	1,26
P16-CAI 1	Tributário	3,60	4,01	2,50	4,15	5,05	1,47	2,55	2,87	0,93
P16-CAI 2	Tributário	-	-	-	5,73	5,97	2,01	3,55	3,32	0,93
P17-JIR 1	Tributário	6,62	5,09	3,53	5,25	4,72	1,88	4,52	4,38	1,01
P17-JIR 2	Tributário	-	-	-	6,74	8,19	1,96	4,76	5,11	0,96
P18-MAD 5A-MD	Calha	3,75	3,75	1,11	6,97	5,95	3,30	5,79	5,88	0,86
P18-MAD 5B-Centro	Calha	3,62	3,69	1,53	5,89	5,22	2,74	5,19	4,80	1,02
P18-MAD 5C-ME	Calha	3,88	3,95	1,54	7,77	7,03	1,88	5,14	4,80	0,55
P19-MAD 6A-MD	Calha	3,13	3,41	1,21	5,45	5,85	1,27	5,78	5,55	1,27
P19-MAD 6B-Centro	Calha	4,46	4,54	1,58	7,15	7,49	2,98	5,43	5,03	1,14
P19-MAD 6C-ME	Calha	3,47	3,60	1,26	4,16	5,22	2,46	5,67	5,94	1,07
P20-MTP 2	Tributário	0,62	1,21	1,52	5,04	5,23	4,03	8,06	7,36	1,80
P21-RAU	Tributário	-	-	-	-	-	-	6,86	6,32	1,12
P22- P.CAP	Tributário	-	-	-	10,12	12,79	6,97	5,51	5,77	1,75

*DP: Desvio padrão.



Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as concentrações de chumbo (Pb) nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 3,50 e valor médio $3,68 \pm 2,36$ mg kg⁻¹ e nos tributários a mediana foi 2,32 e valor médio $3,51 \pm 3,29$ mg kg⁻¹. Na fase de enchimento do reservatório (seca 2012 à cheia de 2014) as concentrações de Pb nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 4,90 e valor médio $5,19 \pm 2,48$ mg kg⁻¹ e nos tributários a mediana foi 5,27 e valor médio $5,93 \pm 4,35$ mg kg⁻¹. Na fase operativa do empreendimento (vazante de 2014 à enchente de 2016) as concentrações de Pb nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 5,46 e valor médio $5,59 \pm 1,60$ mg kg⁻¹ e nos tributários a mediana foi 5,41 e valor médio $5,73 \pm 2,33$ mg kg⁻¹. Pode-se inferir que as concentrações médias de Pb aumentaram da fase rio para a fase enchimento, entretanto, a fase operativa manteve comportamento semelhante à fase enchimento, tanto na calha quanto nos tributários do rio Madeira. As análises mostram grande variabilidade das concentrações de Pb nos tributários e na calha do rio Madeira, conforme pode ser observado nos desvios padrões e no boxplot (**Figura 2-25**).



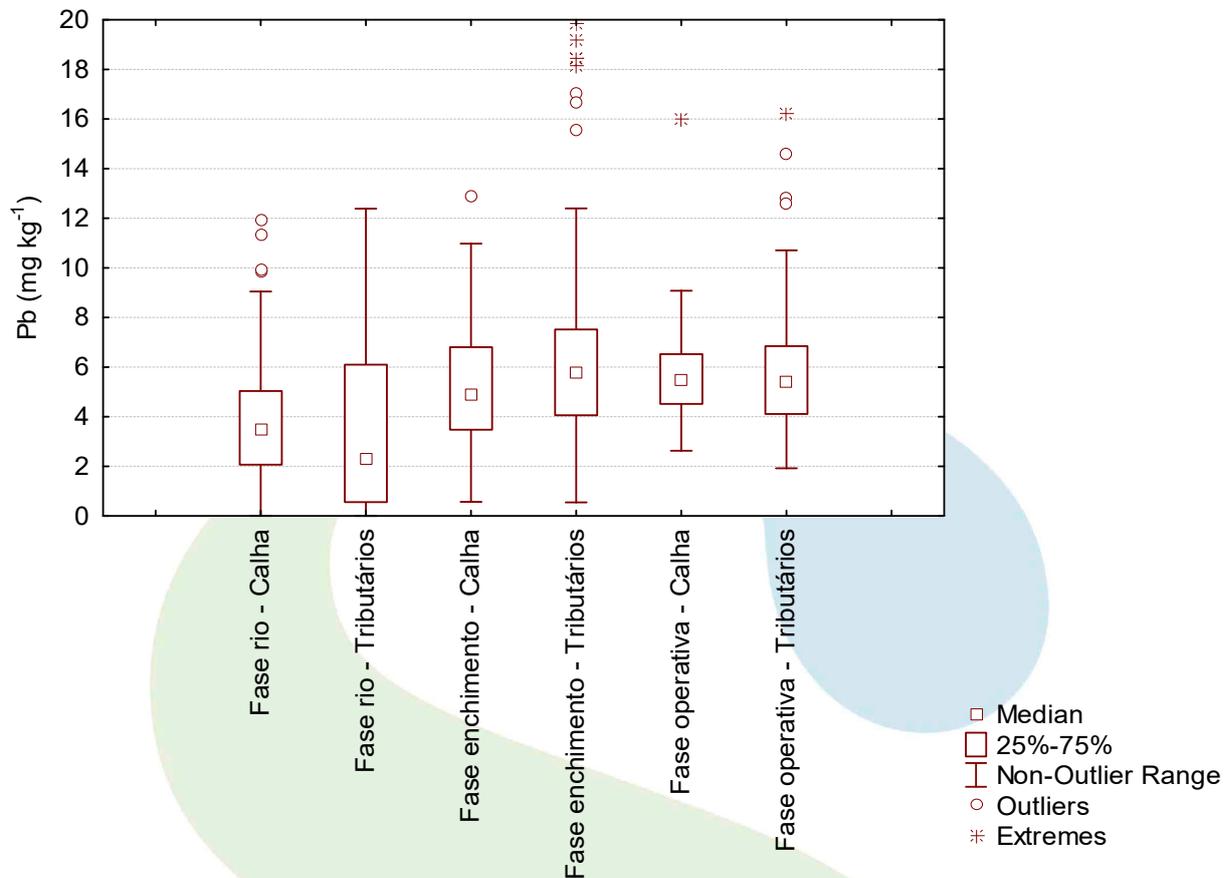


Figura 2-25 – Boxplot das concentrações de chumbo (Pb) nas amostras de sedimento coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa).

As concentrações medianas na calha foram superiores às dos tributários em todas as fases do empreendimento, com exceção da fase enchimento onde as concentrações foram superiores nos tributários. Para melhor visualização dos dados foi removido do gráfico o Ponto de captação (P22-P. CAP) da enchente de 2013, devido ao seu valor extremo (25,12 mg kg⁻¹).

As concentrações do elemento zinco (Zn) em amostras de sedimento coletadas na bacia do rio Madeira durante as fases rio, enchimento e operativa, estão apresentadas no **Quadro 2-14**.



Quadro 2-14 – Concentrações (mg kg^{-1}) de Zn nas amostras de sedimento coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa.

PONTO	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP
P1-MAM	Calha	24,67	27,03	11,90	56,60	72,53	35,20	90,79	92,45	26,63
P1.2-BENI	Calha	29,47	28,62	12,49	134,56	130,74	11,95	98,67	98,26	33,98
P2-MAD 1A-MD	Calha	21,09	24,79	16,96	54,73	83,30	42,81	94,01	94,39	27,14
P2-MAD 1B-Centro	Calha	24,18	24,78	13,88	57,68	96,08	61,67	90,45	89,29	19,33
P2-MAD 1C-ME	Calha	19,50	24,47	17,27	63,25	79,92	40,89	80,43	82,47	18,05
P3-RIB	Tributário	8,71	10,59	7,29	12,63	43,30	41,85	40,54	37,18	27,18
P4-ARA	Tributário	11,20	15,09	11,23	23,32	45,30	36,11	52,34	57,70	21,68
P5-ABU	Tributário	2,35	5,38	6,59	12,41	63,75	68,36	77,96	79,55	26,40
P6-MAD 2A-MD	Calha	24,82	27,36	15,51	100,24	94,65	32,55	101,49	89,87	27,09
P6-MAD 2B-Centro	Calha	31,14	31,30	14,75	86,30	107,90	48,00	83,13	89,05	35,62
P6-MAD 2C-ME	Calha	37,19	36,35	17,34	95,20	83,79	44,58	104,38	88,80	25,59
P7-SIZ	Tributário	31,01	30,24	15,31	41,00	44,43	11,03	39,71	45,77	20,73
P7-SIZ 2	Tributário	-	-	-	67,17	61,36	18,75	39,18	51,45	28,29
P8-SIM 1	Tributário	26,27	28,28	15,28	66,63	61,05	18,76	40,95	51,05	27,80
P8-SIM 2	Tributário	-	-	-	61,12	60,26	14,31	46,74	57,09	32,04
P9-MAD 3A-MD	Calha	28,23	30,08	15,84	48,16	81,70	61,82	90,03	90,46	27,31
P9-MAD 3B-Centro	Calha	26,68	28,97	13,05	53,00	80,26	43,78	82,04	83,92	26,18
P9-MAD 3C-ME	Calha	33,18	31,32	14,14	49,39	81,60	59,65	77,38	85,50	26,83
P10-CAS 1	Tributário	25,57	30,24	17,41	63,97	84,28	42,41	71,33	73,74	21,26
P10-CAS 2	Tributário	-	-	-	74,20	93,07	44,67	79,91	82,88	26,43
P11-MTP 1A	Tributário	4,77	6,18	4,65	10,54	43,04	43,50	71,42	68,08	17,39
P11-MTP 1B	Tributário	-	-	-	15,90	49,51	45,88	71,22	70,01	18,71
P12-COT 1	Tributário	2,72	4,49	3,75	8,20	32,20	34,16	50,04	47,40	9,00
P12-COT 2	Tributário	-	-	-	6,80	32,80	36,59	55,88	52,02	9,73
P13-MUT 1A	Tributário	5,72	7,49	6,36	53,78	73,63	52,08	71,48	85,35	38,91
P13-MUT 1B	Tributário	-	-	-	43,29	66,49	48,11	79,52	83,97	35,05





Quadro 2-14 – Concentrações (mg kg^{-1}) de Zn nas amostras de sedimento coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários, fases rio, enchimento e operativa – Continuação.

PONTO	ESTAÇÕES	FASE RIO			FASE ENCHIMENTO			FASE OPERATIVA		
		MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP	MEDI-ANA	MÉ-DIA	DP
P13-MUT 1C	Tributário	-	-	-	18,20	53,78	53,14	84,66	79,97	30,56
P14-MAD 4A-MD	Calha	29,72	30,92	19,17	69,04	82,94	42,11	84,48	81,49	25,60
P14-MAD 4B-Centro	Calha	25,73	28,54	17,94	54,81	86,93	52,53	77,09	83,56	29,82
P14-MAD 4C-ME	Calha	28,82	31,62	19,13	87,65	95,00	49,35	71,66	85,05	32,95
P15-LOU 1	Tributário	20,19	20,98	15,51	66,40	64,24	29,37	65,59	69,89	23,78
P15-LOU 2	Tributário	-	-	-	36,10	55,49	33,21	69,89	71,40	22,22
P16-CAI 1	Tributário	23,15	22,96	14,72	28,91	39,10	21,05	50,85	58,08	24,97
P16-CAI 2	Tributário	-	-	-	65,13	64,80	6,56	54,55	58,12	24,97
P17-JIR 1	Tributário	27,25	28,63	15,45	84,69	81,32	8,63	66,58	65,19	13,99
P17-JIR 2	Tributário	-	-	-	77,78	80,19	9,38	77,17	68,97	13,98
P18-MAD 5A-MD	Calha	35,92	34,76	16,67	80,30	96,02	27,96	73,76	84,29	24,72
P18-MAD 5B-Centro	Calha	23,72	26,36	13,31	103,94	111,85	37,05	104,55	100,00	30,76
P18-MAD 5C-ME	Calha	23,07	27,49	15,15	85,77	99,09	27,00	91,34	92,53	24,92
P19-MAD 6A-MD	Calha	27,61	33,07	16,46	86,13	91,99	40,43	91,11	92,85	27,30
P19-MAD 6B-Centro	Calha	28,48	31,74	16,16	81,93	104,55	46,05	95,02	97,02	28,69
P19-MAD 6C-ME	Calha	29,07	30,92	16,03	63,12	84,81	42,19	90,16	93,75	27,31
P20-MTP 2	Tributário	9,92	9,88	6,77	44,47	65,55	56,13	91,38	85,62	37,09
P21-RAU	Tributário	-	-	-	-	-	-	84,61	88,21	39,46
P22- P.CAP	Tributário	-	-	-	90,56	86,65	36,27	92,58	88,19	25,13

*DP: Desvio padrão.

Na fase rio do empreendimento (período hidrológico de seca de 2009 à vazante de 2012) as concentrações de zinco (Zn) nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 29,07 e valor médio $29,15 \pm 15,68 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi 11,44 e valor médio $17,10 \pm 15,39 \text{ mg kg}^{-1}$. Na fase de enchimento do reservatório (seca 2012 à cheia de 2014) as concentrações de Zn nos



pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 84,20 e valor médio $91,15 \pm 43,10 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi 55,21 e valor médio $55,64 \pm 37,97 \text{ mg kg}^{-1}$. Na fase operativa do empreendimento (vazante de 2014 à enchente de 2016) as concentrações de Zn nos pontos amostrados na calha do rio Madeira apresentaram mediana 90,10 e valor médio $89,75 \pm 26,18 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos tributários a mediana foi 61,34 e valor médio $66,93 \pm 27,81 \text{ mg kg}^{-1}$. Pode-se inferir que as concentrações médias de Zn aumentaram da fase rio para a fase enchimento e da fase enchimento para a fase operativa. As análises mostram grande variabilidade das concentrações de Zn nos tributários e na calha do rio Madeira, conforme pode ser observado nos desvios padrões e no boxplot abaixo (**Figura 2-26**). As concentrações medianas de Zn na calha foram superiores às dos tributários em todas as fases do empreendimento.

A Resolução CONAMA nº 454/2012 estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas. Para a classificação do material a ser dragado são definidos critérios de qualidade sendo o nível 1 o limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota e o nível 2 o limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota. Esta resolução preconiza para o elemento As o nível I de 5,9 e nível II de 17 mg kg^{-1} , para Cd o nível I de 0,6 e nível II de $3,5 \text{ mg kg}^{-1}$, para Cr o nível I de 37,3 e nível II de 90 mg kg^{-1} , para Ni o nível I de 18 e nível II de $35,9 \text{ mg kg}^{-1}$, para Pb o nível I de 35 e nível II de $91,3 \text{ mg kg}^{-1}$ e para Zn o nível I de 123 e nível II de 315 mg kg^{-1} . As séries temporais das concentrações dos elementos traço nas amostras de sedimento em todas as fases do empreendimento evidenciam a prevalência das maiores concentrações na calha do rio Madeira quando comparada aos tributários e oscilação das concentrações de Cr, Mn, Ni, Pb e Zn ao longo do tempo, possivelmente devido ao aumento da área permanentemente alagada, entretanto as concentrações de elementos traço encontradas em todas as amostras analisadas atendem os valores preconizados pela Resolução CONAMA nº 454/2012.



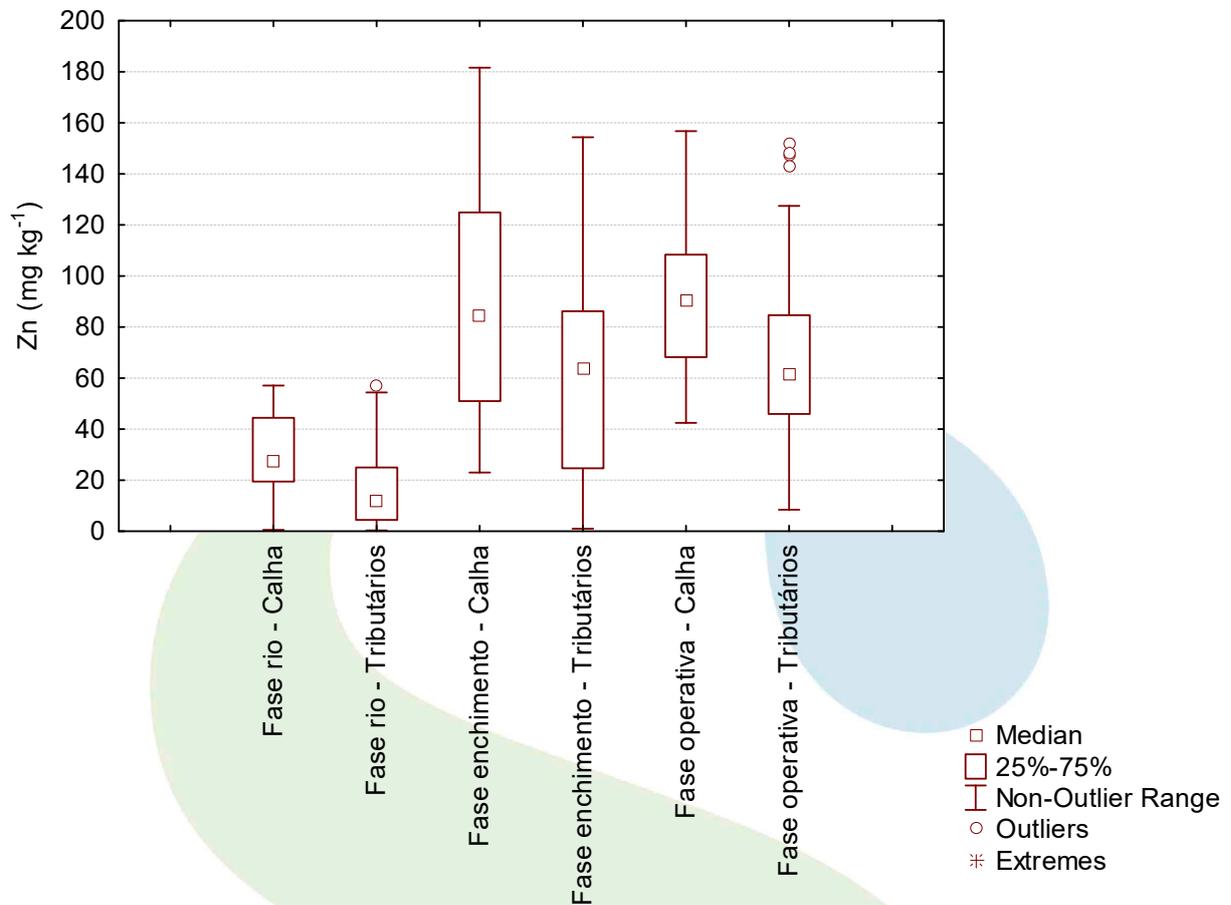


Figura 2-26 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) nas amostras de sedimento coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, nas três fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa).

2.4.4 Concentrações de elementos traço em peixe

O pescado é considerado um alimento de grande valor nutricional, principalmente pelo seu rico valor proteico e seu elevado nível de micronutrientes, sendo seu consumo um hábito diário em muitas comunidades. Vários fatores influenciam o grau de exposição dos indivíduos a um poluente destacando a frequência da ingestão de pescado, preferência por determinadas espécies, tamanho dos espécimes e o nível trófico (MOLLERKE, 2003). Os resultados das concentrações médias dos elementos traço arsênio (As), cádmio (Cd), crômio (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), selênio (Se) e zinco (Zn) em amostras de peixe adquiridas nas comunidades ribeirinhas e pela interface com o Programa de Conservação da



Ictiofauna, nas fases rio, enchimento e operativa do empreendimento, estão apresentados resumidamente no **Quadro 2-15**.

Quadro 2-15 – Concentrações médias (mg kg^{-1}) de As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em músculo de peixe de relevante consumo pela população tradicional do rio Madeira nas fases rio, enchimento e operativa do empreendimento.

FASE	PERÍODO	HÁBITO	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
Fase operativa	Enchente de 2016	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,62 \pm 0,31$	<0,05	<0,05	<0,05	$13,98 \pm 3,62$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,60 \pm 0,38$	<0,05	<0,05	<0,05	$10,59 \pm 2,78$
	Seca de 2015	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$1,12 \pm 0,69$	<0,05	<0,05	<0,05	$16,75 \pm 7,07$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,12 \pm 0,05$	<0,05	<0,05	<0,05	$6,43 \pm 1,34$
	Vazante de 2015	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$2,10 \pm 0,75$	<0,05	<0,05	<0,05	$24,39 \pm 8,08$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,12 \pm 0,04$	<0,05	<0,05	<0,05	$6,42 \pm 1,20$
Fase operativa	Cheia de 2015	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,64 \pm 0,25$	<0,05	<0,05	<0,05	$9,05 \pm 2,91$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,29 \pm 0,15$	<0,05	<0,05	<0,05	$6,19 \pm 1,43$
	Enchente de 2015	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,62 \pm 0,11$	<0,05	<0,05	<0,05	$11,32 \pm 2,54$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,99 \pm 0,49$	<0,05	<0,05	<0,05	$10,46 \pm 2,99$
	Seca de 2014	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,70 \pm 0,11$	<0,05	<0,05	<0,05	$15,91 \pm 3,07$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$1,05 \pm 0,27$	<0,05	<0,05	<0,05	$17,15 \pm 2,12$
	Vazante de 2014	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,63 \pm 0,11$	<0,05	<0,05	<0,05	$16,28 \pm 3,77$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,37 \pm 0,08$	<0,05	<0,05	<0,05	$18,63 \pm 3,13$
	Cheia de 2014	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,64 \pm 0,14$	<0,05	<0,05	<0,05	$17,30 \pm 4,80$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,37 \pm 0,07$	<0,05	<0,05	<0,05	$10,67 \pm 3,02$



Quadro 2-15 – Concentrações médias (mg kg^{-1}) de As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em músculo de peixe de relevante consumo pela população tradicional do rio Madeira nas fases rio, enchimento e operativa do empreendimento – Continuação.

FASE	PERÍODO	HÁBITO	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
Fase enchimento	Enchente de 2014	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,75 \pm 0,07$	<0,05	<0,05	<0,05	$15,65 \pm 2,87$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,84 \pm 0,07$	<0,05	<0,05	<0,05	$13,26 \pm 1,32$
	Seca de 2013	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,75 \pm 0,07$	<0,05	<0,05	<0,05	$15,65 \pm 2,87$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,84 \pm 0,07$	<0,05	<0,05	<0,05	$13,26 \pm 1,32$
	Vazante de 2013	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,77 \pm 0,30$	<0,05	<0,05	<0,05	$14,77 \pm 5,99$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,63 \pm 0,24$	<0,05	<0,05	<0,05	$8,72 \pm 0,91$
Fase enchimento	Cheia de 2013	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,84 \pm 0,26$	<0,05	$1,03 \pm 0,62$	<0,05	$15,31 \pm 5,51$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,43 \pm 0,03$	<0,05	$0,36 \pm 0,22$	<0,05	$11,63 \pm 2,95$
	Enchente de 2013	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,99 \pm 0,35$	<0,05	$0,72 \pm 0,47$	<0,05	$21,25 \pm 9,00$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,40 \pm 0,16$	<0,05	$0,27 \pm 0,22$	<0,05	$13,75 \pm 5,10$
	Seca de 2012	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$1,15 \pm 0,11$	<0,05	$1,26 \pm 0,51$	<0,05	$16,93 \pm 4,64$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,52 \pm 0,21$	<0,05	$0,36 \pm 0,22$	<0,05	$10,80 \pm 0,64$
Fase rio	Vazante de 2012	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,94 \pm 0,55$	<0,05	$0,61 \pm 0,23$	<0,05	$16,14 \pm 6,03$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,63 \pm 0,21$	<0,05	$0,09 \pm 0,01$	<0,05	$9,94 \pm 2,77$
	Cheia de 2012	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,80 \pm 0,16$	<0,05	$0,75 \pm 0,18$	<0,05	$15,20 \pm 3,55$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,67 \pm 0,05$	<0,05	<0,05	<0,05	$8,45 \pm 0,90$
	Enchente de 2012	Predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,80 \pm 0,16$	<0,05	$0,75 \pm 0,18$	<0,05	$15,20 \pm 3,55$
		Não predador	<0,05	<0,05	<0,05	$0,67 \pm 0,05$	<0,05	<0,05	<0,05	$8,45 \pm 0,90$

Quadro 2-15 – Concentrações médias (mg kg^{-1}) de As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em músculo de peixe de relevante consumo pela população tradicional do rio Madeira nas fases rio, enchimento e operativa do empreendimento – Continuação.

FASE	PERÍODO	HÁBITO	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
Fase rio	Seca de 2011	Predador	<0,5	<0,05	<0,05	1,82 ± 0,81	<0,5	1,08 ± 0,55	<0,5	20,86 ± 9,00
		Não predador	<0,5	<0,05	<0,05	0,39 ± 0,17	<0,5	0,22 ± 0,08	<0,5	10,69 ± 0,52
	Vazante de 2011	Predador	<0,5	<0,05	1,05	0,80 ± 0,16	<0,5	0,75 ± 0,19	<0,5	15,20 ± 3,55
	Cheia de 2012	Predador	<0,5	<0,05	<0,05	1,96 ± 0,56	<0,5	1,01 ± 0,52	<0,5	23,09 ± 9,57
		Não predador	<0,5	<0,05	<0,05	0,56 ± 0,35	<0,5	0,20 ± 0,13	<0,5	16,41 ± 1,17
	Enchente de 2011	Predador	<0,5	<0,05	<0,05	1,59 ± 0,67	<0,5	1,02 ± 0,39	<0,5	20,11 ± 7,49
		Não predador	<0,5	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Seca de 2010	Predador	<0,5	<0,05	<0,05	1,49 ± 0,62	<0,5	1,33 ± 0,59	<0,5	17,86 ± 5,36
		Não predador	<0,5	<0,05	<0,05	0,61 ± 0,04	<0,5	<0,5	<0,5	12,91 ± 3,36
	Vazante de 2010	Predador	<0,5	<0,05	<0,05	0,63 ± 0,06	<0,5	<0,5	<0,5	16,60 ± 1,73
		Não predador	<0,5	<0,05	<0,05	0,40 ± 0,14	<0,5	<0,5	<0,5	10,8 ± 4,2
	Cheia de 2010	Predador	<0,5	<0,05	<0,05	0,93 ± 0,60	<0,5	<0,5	<0,5	15,65 ± 6,91
		Não predador	<0,5	<0,05	<0,05	1,20 ± 0,79	<0,5	<0,5	<0,5	16,60 ± 5,05
	Enchente de 2010	Predador	<0,5	<0,05	<0,05	1,15 ± 0,63	<0,5	<0,5	<0,5	13,44 ± 2,38
		Não predador	<0,5	<0,05	<0,05	0,77 ± 0,28	<0,5	<0,5	<0,5	14,73 ± 5,19
	Seca de 2009	Predador	<0,5	<0,05	<0,05	1,30 ± 0,75	<0,5	<0,5	<0,5	13,92 ± 4,17
Não predador		<0,5	<0,05	<0,05	0,86 ± 0,14	<0,5	<0,5	<0,5	13,23 ± 5,05	

*Fase: Fase do empreendimento; Período: Período hidrológico.

Os espécimes de peixe disponibilizadas pela interface com o Programa de Conservação de Ictiofauna e adquiridas nas comunidades ribeirinhas apresentaram concentrações médias de As, Cd, Cr, Ni, Pb e Se menores que $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ independentemente do hábito alimentar em maior parte dos períodos hidrológicos.

As concentrações de Mn nas amostras de músculo de peixe, em todas as fases do empreendimento, evidenciam a tendência de maiores concentrações nas espécies predadoras quando comparadas às espécies não predadoras. A espécie predadora Piranha-caju (*Pygocentrus nattereri*) apresentou as maiores concentrações de Mn na fase rio do empreendimento, enquanto que a espécie predadora Tucunaré (*Cichla ocellaris*) apresentou as maiores concentrações de Mn na fase enchimento e a Pescada (*Plagioscion sp*) na fase operativa do empreendimento. A espécie não predadora Sardinha (*Triportheus albus*) apresentou as maiores concentrações de Mn nas fases rio, enquanto que a espécie não predadora Tambaqui (*Colossoma macropomum*) apresentou as maiores concentrações de Mn na fase enchimento do empreendimento e a espécie Branquinha (*Potamorhina latior*) na fase operativa do empreendimento (**Figura 2-27, Figura 2-28 e Figura 2-29**).



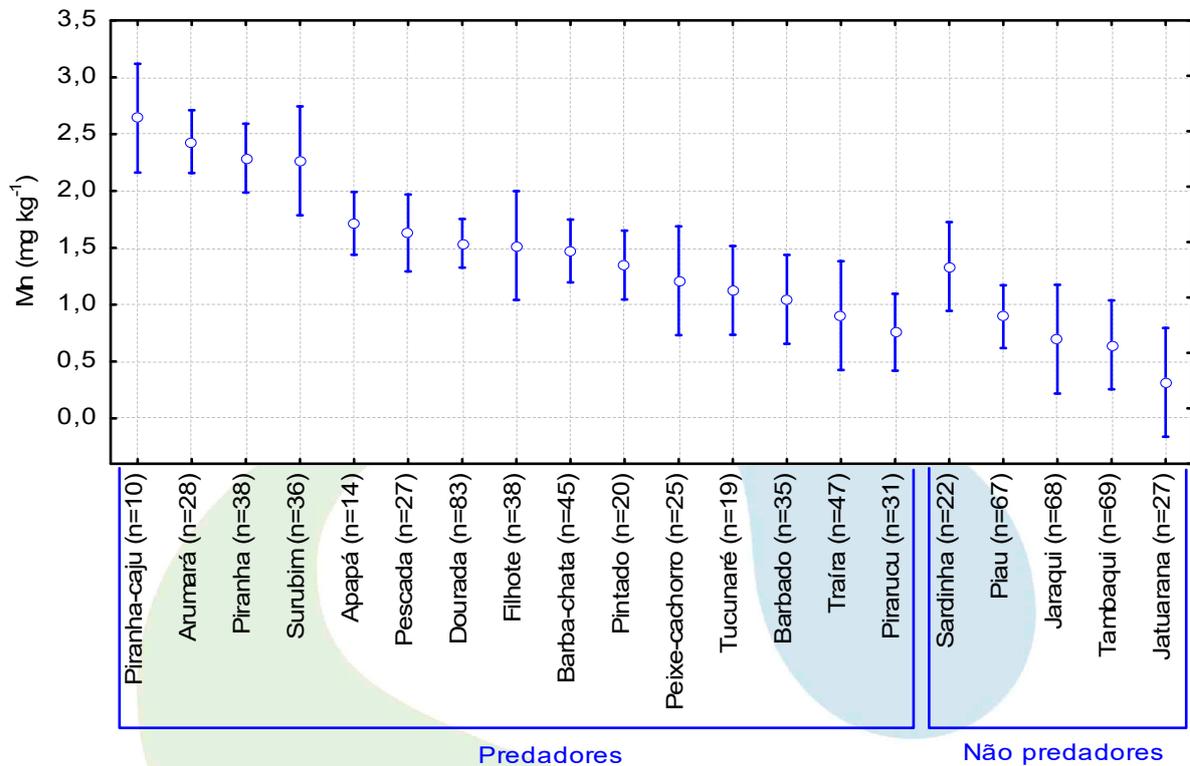


Figura 2-27 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) nas amostras de peixes coletadas no rio madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, na fase rio do empreendimento.



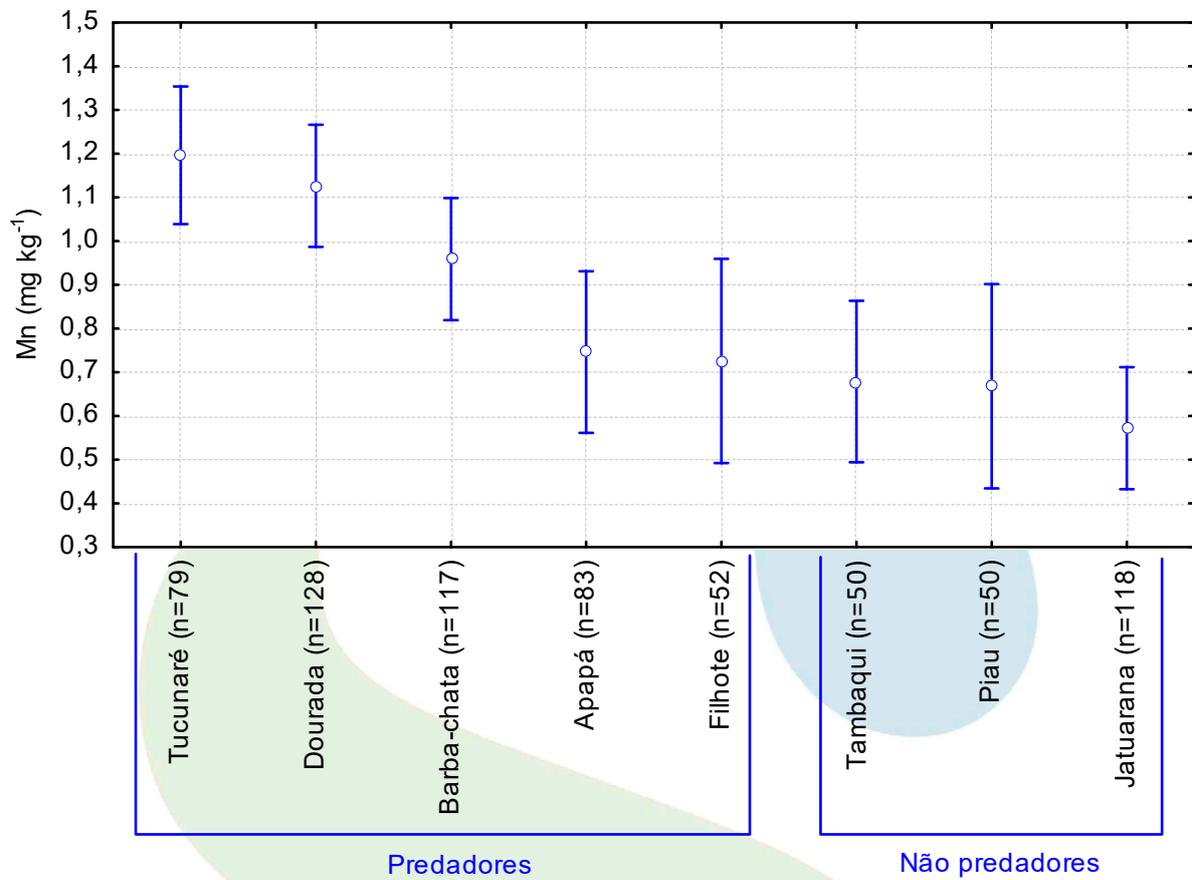


Figura 2-28 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) nas amostras de peixes coletadas no rio madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, na fase enchimento do reservatório.



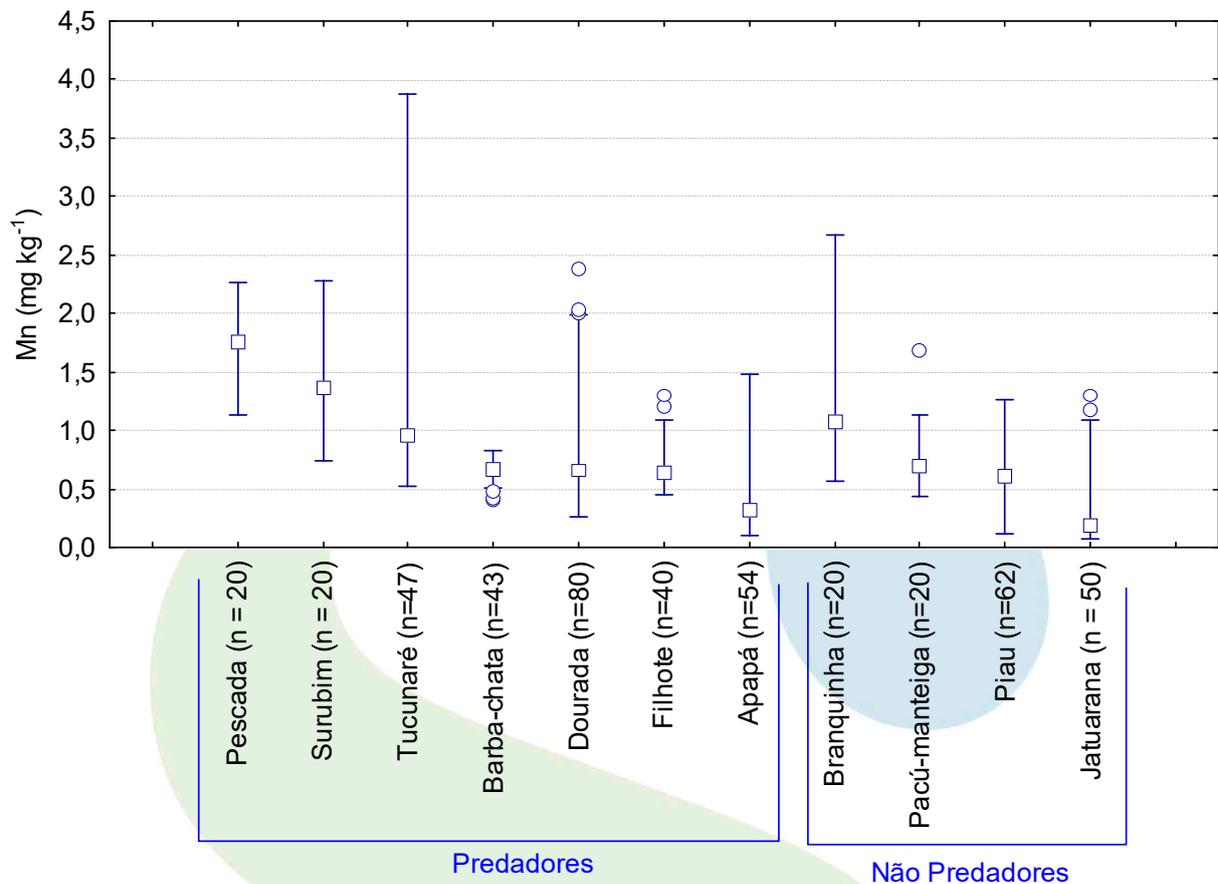


Figura 2-29 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) nas amostras de peixes coletadas no rio madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, na fase operativa do empreendimento.

As concentrações de Zn nas amostras de músculo de peixe, em todas as fases do empreendimento, evidenciam a tendência de maiores concentrações nas espécies predadoras quando comparadas às espécies não predadoras. A espécie predadora Dourada (*Brachyplatystoma avicans*) apresentou as maiores concentrações Zn na fase rio do empreendimento, enquanto que a espécie predadora Barba-Chata (*Pinirampus pirinampus*) apresentou as maiores concentrações de Zn na fase enchimento e a espécie predadora Tucunaré (*Cichla ocellaris*) na fase operativa do empreendimento. A espécie não predadora Jaraquí (*Semaprochilodus theraponera*) apresentou as maiores concentrações de Zn nas fases rio, enquanto que a espécie não predadora Jatuarana (*Brycon cf. melanopterus*) apresentou as

maiores concentrações de Zn na fase enchimento e a Branquinha (*Potamorhina latior*) na fase operativa do empreendimento (**Figura 2-30, Figura 2-31 e Figura 2-32**).

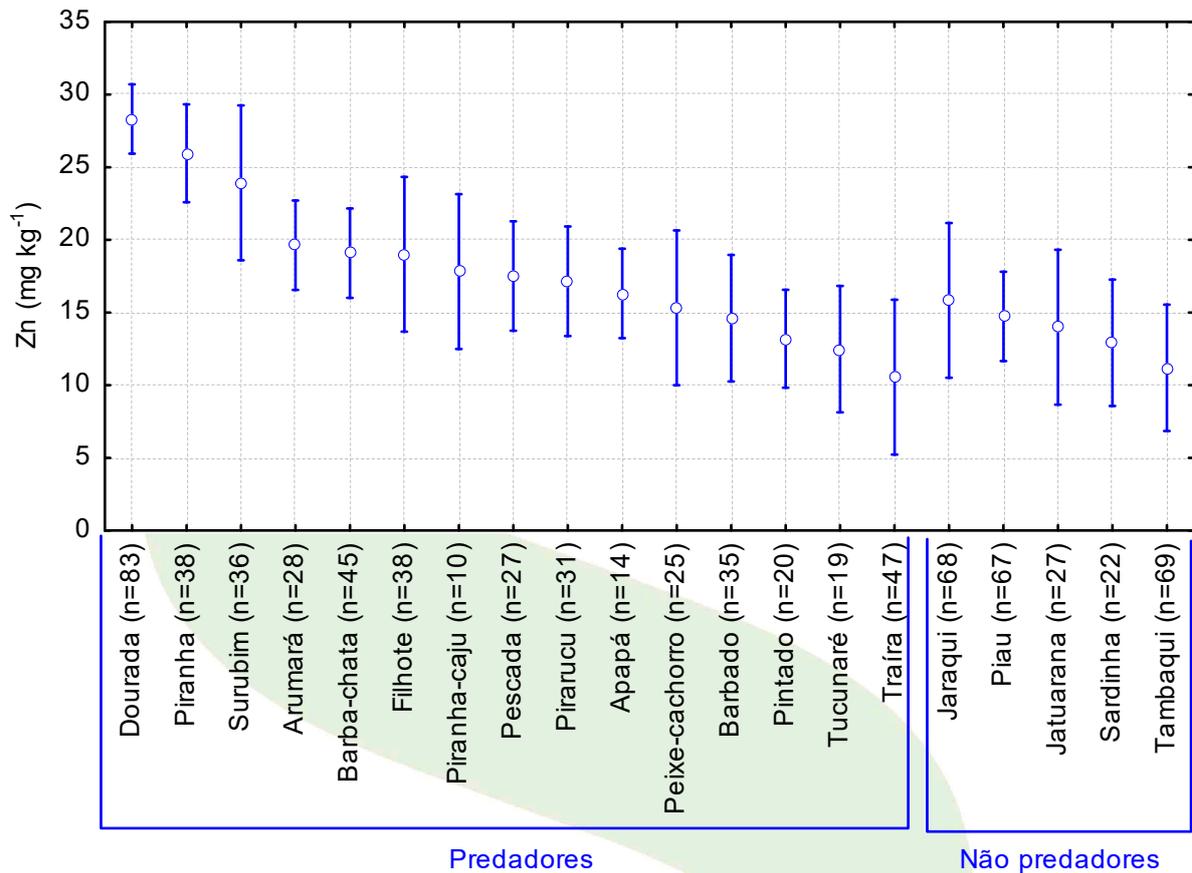


Figura 2-30 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) nas amostras de peixes coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, na fase rio do empreendimento.



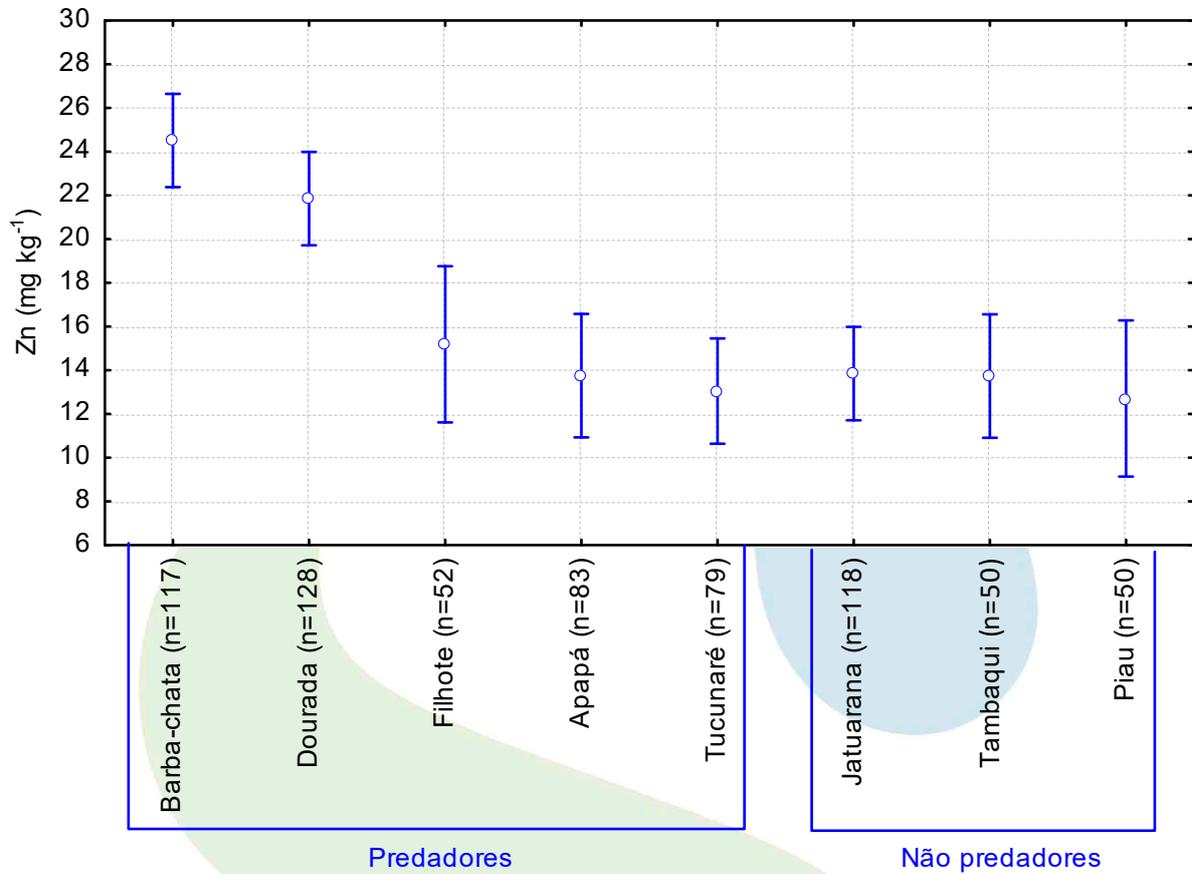


Figura 2-31 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) nas amostras de peixes coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, na fase enchimento do reservatório.



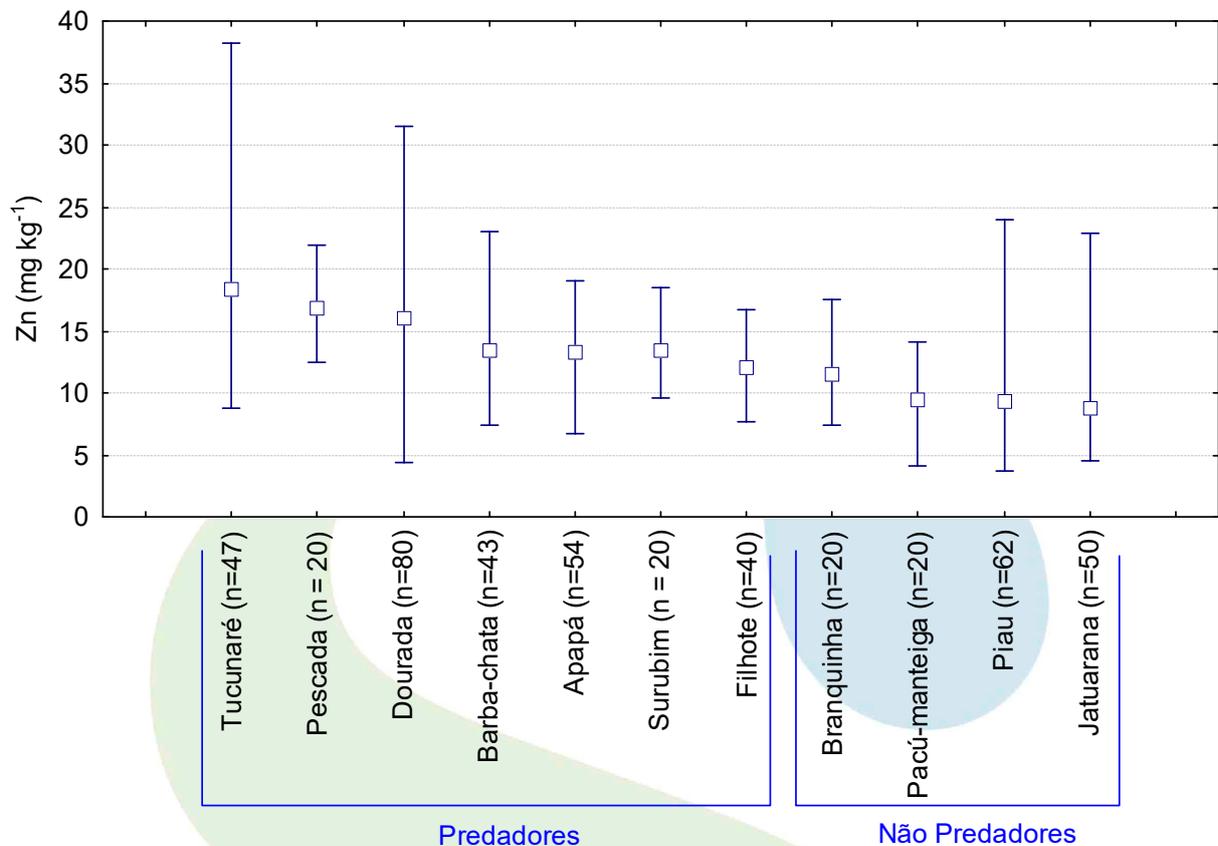


Figura 2-32 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) nas amostras de peixes coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, na fase operativa do empreendimento.

Atualmente, no Brasil, não existe legislação específica sobre limites máximos de metais permitidos em peixes de água doce para o consumo humano. Contudo, pode ser utilizado como referência o Regulamento Técnico do Mercosul, RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013, que dispõe sobre os limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos, sendo preconizados para arsênio (As) 1,0 mg kg⁻¹, cádmio (Cd) 0,05 mg kg⁻¹ e chumbo (Pb) 0,3 mg kg⁻¹.

Desta forma, as concentrações destes elementos traço encontrados nas amostras de peixe analisadas estão abaixo do valor preconizado pelo Regulamento Técnico do Mercosul para o consumo humano. Dentre os elementos essenciais, o selênio (Se) apresenta considerável toxicidade



em função da pequena diferença entre a dose essencial e a tóxica. As amostras de peixe analisadas apresentaram concentrações de selênio (Se) menores que $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$, não excedendo o limite de tolerância recomendável pela Organização Mundial da Saúde de $1,5 \text{ mg kg}^{-1}$ para o consumo humano.

2.4.5 Análise estatística

As análises a seguir buscam averiguar a existência de diferenças significativas das concentrações de determinados elementos traços entre as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), entre os períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016) e entre estes fatores.

O **Quadro 2-16** apresenta as médias das concentrações de elementos traço e seus desvios padrões em amostras de água superficial, para as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos períodos hidrológicos (enchente de 2010 a enchente de 2016) e fator períodos versus fator estações. As concentrações de arsênio (As), cádmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni), chumbo (Pb) e selênio (Se) nas amostras de água superficial na calha do rio Madeira e nos tributários foram menores que $0,005 \text{ mg L}^{-1}$, dessa forma não foram inseridas nas análises a seguir.

Quadro 2-16 – Concentrações médias (mg L^{-1}) e desvios padrões (DP) de manganês e zinco, em amostras de água, dispostas por fase do empreendimento (rio, enchimento e operativa), por períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016), e fases versus períodos.

NÍVEL	NÍVEL	NÍVEL	N	Mn	Mn	Zn	Zn
				MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
Total			854	0,186	0,133	0,039	0,036
Fase	Rio		392	0,106	0,099	0,031	0,029
Fase	Enchimento		293	0,246	0,150	0,049	0,050
Fase	Operativa		314	0,197	0,109	0,036	0,022
Período	Seca		264	0,143	0,110	0,034	0,039
Período	Enchente		275	0,192	0,149	0,045	0,030
Período	Cheia		230	0,184	0,118	0,041	0,049
Período	Vazante		230	0,226	0,136	0,034	0,016



Quadro 2-16 – Concentrações médias (mg L^{-1}) e desvios padrões (DP) de manganês e zinco, em amostras de água, dispostas por fase do empreendimento (rio, enchimento e operativa), por períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016), e fases versus períodos – Continuação.

NÍVEL	NÍVEL	NÍVEL	N	Mn	Mn	Zn	Zn
				MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
Fase*Período	Rio	Seca	98	0,090	0,121	0,017	0,009
Fase*Período	Rio	Enchente	98	0,084	0,082	0,054	0,036
Fase*Período	Rio	Cheia	98	0,153	0,110	0,031	0,034
Fase*Período	Rio	Vazante	98	0,098	0,053	0,026	0,016
Fase*Período	Enchimento	Seca	76	0,140	0,133	0,058	0,075
Fase*Período	Enchimento	Enchente	87	0,284	0,176	0,044	0,019
Fase*Período	Enchimento	Cheia	87	0,255	0,111	0,054	0,065
Fase*Período	Enchimento	Vazante	43	0,258	0,135	0,041	0,013
Fase*Período	Operativa	Seca	90	0,181	0,068	0,033	0,011
Fase*Período	Operativa	Enchente	90	0,177	0,091	0,041	0,035
Fase*Período	Operativa	Cheia	45	0,090	0,024	0,030	0,014
Fase*Período	Operativa	Vazante	89	0,289	0,118	0,037	0,015

A análise de variância multivariada (ANOVA/MANOVA) ou Análise de Variância Multifatorial (**Quadro 2-17**) foi aplicada para averiguar as hipóteses nulas e seus níveis de significância das concentrações de Mn e Zn entre as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), entre os períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016) e entre estes fatores. A análise mostrou haver diferenças significativas para todos os fatores analisados. Portanto, a hipótese nula para estes fatores foi rejeitada, aceitando assim a hipótese alternativa, onde se infere pela diferença das variâncias entre as diferentes fases do empreendimento, os períodos hidrológicos e entre estes fatores, indicando assim populações estatisticamente diferentes. O valor de alfa adotado para o nível de significância foi de 0,05 (5%) para o teste de Wilks.



Quadro 2-17 – Análise de Variâncias Multivariadas das concentrações dos elementos traço na matriz água superficial, nas fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016) e fases versus períodos.

	TESTE	VALOR	F	EFFECT	ERRO	p
Intercepto	Wilks	0,229946	1301,029	2	777	0,000000
Fases do empreendimento	Wilks	0,835296	36,580	4	1554	0,000000
Períodos hidrológicos	Wilks	0,954839	6,054	6	1554	0,000003
Fases*Períodos	Wilks	0,864122	9,810	12	1554	0,000000

O teste univariado mostra o nível de significância entre as interações de Mn e Zn com os níveis categóricos ou fatores (fases do empreendimento e períodos hidrológicos) e entre estes fatores (**Quadro 2-18**). A análise possibilita inferir, de forma geral, que Mn e o Zn apresentaram diferenças significativas em suas concentrações médias para todos os fatores.

Quadro 2-18 – Teste univariado de manganês e zinco, em amostras de água superficial, nas fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016) e fases versus períodos.

	GRAU	Mn F	Mn p	Zn F	Zn p
Intercepto	1	1917,671	0,000000	826,0178	0,000000
Fases do empreendimento	2	68,131	0,000000	11,4530	0,000013
Períodos hidrológicos	3	7,274	0,000082	4,9210	0,002158
Fases*Períodos	6	17,027	0,000000	3,2075	0,004064
Erro	778				
Total	789				

As variabilidades nas concentrações de Mn e Zn por períodos hidrológicos estão ilustradas, por meio da análise gráfica do tipo boxplot, que traduz as diferenças significativas encontradas nas variâncias das concentrações dos elementos, entre os períodos de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a



2016, além da relevante variação sazonal comumente encontrada na região amazônica. É possível inferir que as maiores concentrações de Mn ocorreram na vazante e de Zn na enchente (**Figura 2-33**).

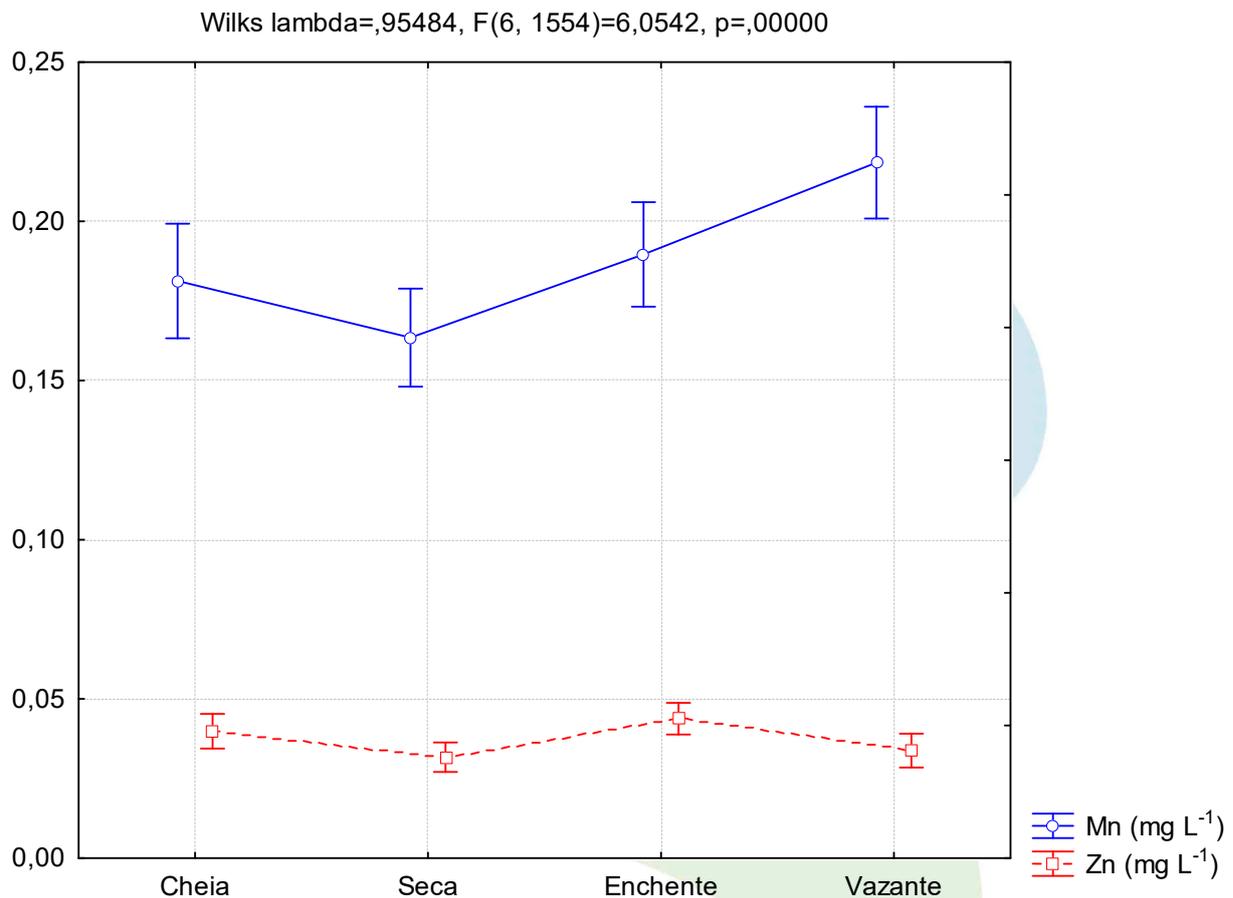


Figura 2-33 – Boxplot das concentrações de manganês e zinco em amostras de água superficial, por período hidrológico, coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, períodos de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.

As concentrações dos elementos traço comparadas pelo nível categórico ou fator fases do empreendimento estão ilustradas na **Figura 2-34**, a qual mostra as diferenças entre as fases e o acréscimo nas concentrações médias destes metais na fase enchimento tanto para o Mn quanto para o Zn.



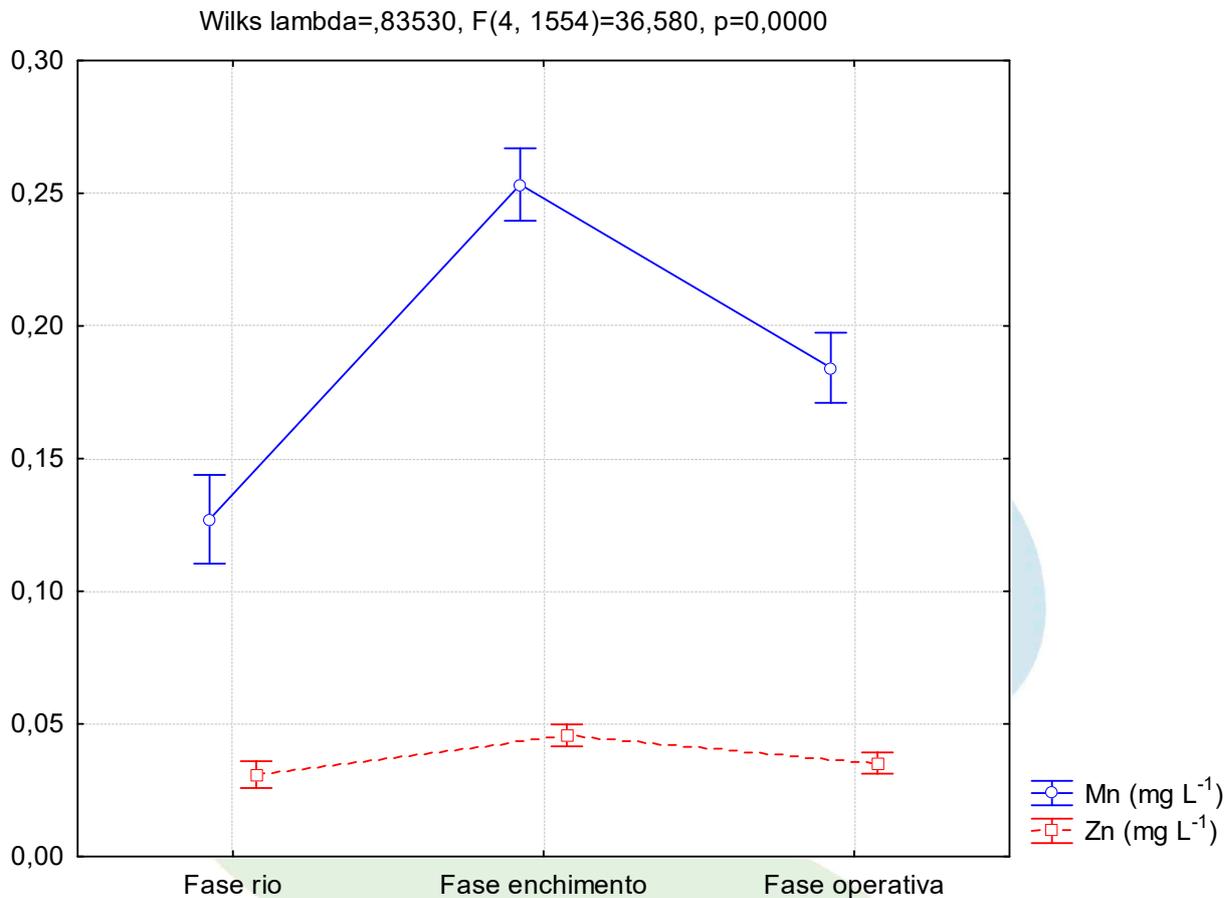


Figura 2-34 – Boxplot das concentrações de manganês e zinco em amostras de água superficial, por fases do empreendimento, coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, períodos de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2015.

As interações entre os níveis categóricos (fases e períodos) possibilitam a verificação da dinâmica fluvial destes elementos no tempo, como ilustrado na **(Figura 2-35)**, sendo que na fase rio as maiores concentrações médias de Mn ocorreram no período hidrológico de cheia e as maiores concentrações de Zn ocorreram no período hidrológico de enchente. Na fase enchimento as maiores concentrações médias de Mn ocorreram no período hidrológico de enchente e as maiores concentrações de Zn ocorreram no período hidrológico de cheia. Já na fase operativa as maiores concentrações médias de Mn ocorreram no período hidrológico de vazante e as maiores concentrações de Zn ocorreram na enchente.



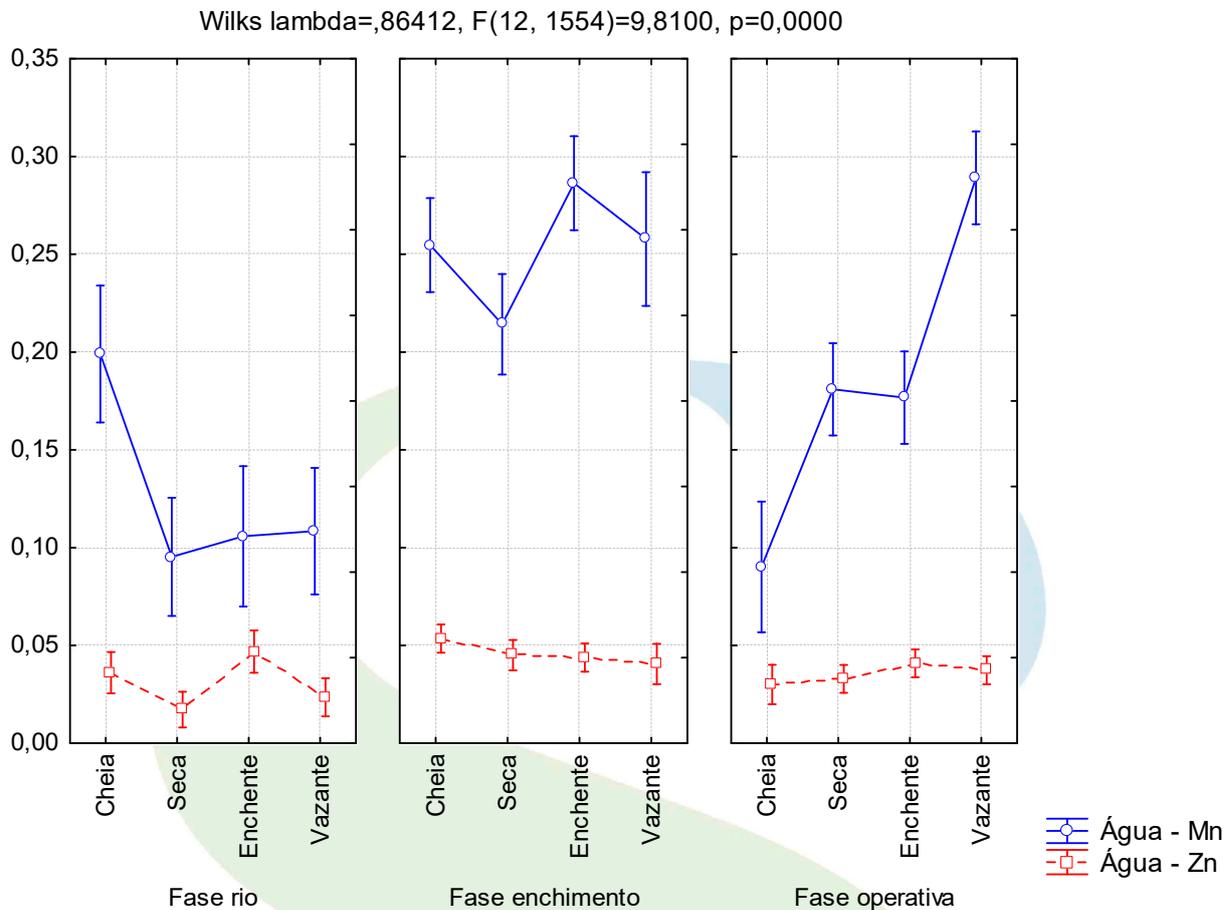


Figura 2-35 – Boxplot das comparações entre as fases (rio, enchimento e operativa) e os períodos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016) para as concentrações de manganês e zinco em amostras de água superficial, coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau.

A análise de variância simples (ANOVA – Factorial) determinou as possíveis diferenças ou semelhanças dos fatores: fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), estações de amostragem (calha e tributários) e entre estes fatores. Sendo o valor de alfa adotado para o nível de significância foi de 0,05 (5%). Dessa forma, este teste mostrou haver diferenças significativas apenas para o fator fases do empreendimento e entre fatores, conforme apresentado no **Quadro 2-19**



Quadro 2-19 – ANOVA das concentrações de manganês (Mn) e zinco (Zn) (mg L^{-1}) em amostras de água, entre todas as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), estações (calha e tributários) e fases versus estações.

	TESTE	VALUE	F	EFFECT DF	ERROR DF	p
Intercept	Wilks	0,280956	1001,955	2	783	0,000000
Fases do empreendimento	Wilks	0,826622	39,104	4	1566	0,000000
Estações de amostragem	Wilks	0,995984	1,579	2	783	0,206890
Fases*Estações	Wilks	0,939593	12,389	4	1566	0,000000

Mesmo não havendo diferenças estatisticamente significativas entre as estações (calha e tributários), na fase rio do empreendimento as concentrações de manganês (Mn) apresentaram maior mediana e variação no igarapé Caiçara (P16-CAI), enquanto que as concentrações de zinco (Zn) apresentaram maior mediana e variação no igarapé Araras (P4-ARA), conforme apresentado nas **Figura 2-36** e **Figura 2-37**.

Na fase enchimento, as concentrações dos elementos traços nos tributários apresentaram elevada variabilidade, sendo a maior mediana e variação das concentrações de manganês (Mn) no igarapé Castanho (P10 CAS), enquanto as concentrações de zinco (Zn) apresentaram maior mediana no Ponto de captação (P22-P. CAP) e a maior variação no igarapé Caiçara (P16-CAI), conforme apresentado nas **Figura 2-38** e **Figura 2-39**.

Na fase operativa, as concentrações dos elementos traços nos tributários apresentaram elevada variabilidade, sendo a maior mediana das concentrações de manganês (Mn) no igarapé Castanho (P10-CAS), enquanto que as concentrações de zinco (Zn) apresentaram maior mediana e variação no igarapé Jirau (P17-JIR), conforme apresentado nas **Figura 2-40** e **Figura 2-41**.

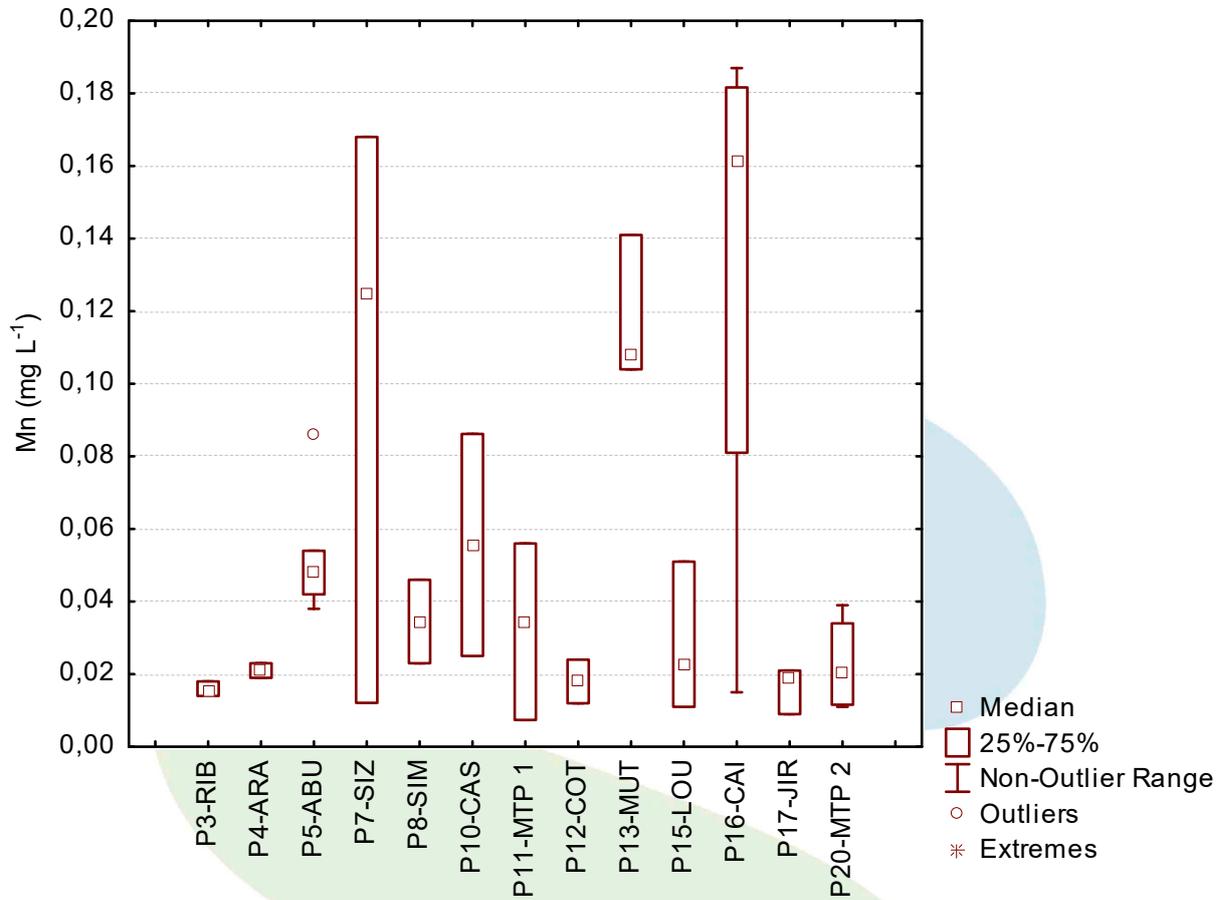


Figura 2-36 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) nas amostras de água coletadas nos tributários do rio Madeira na fase rio do empreendimento.



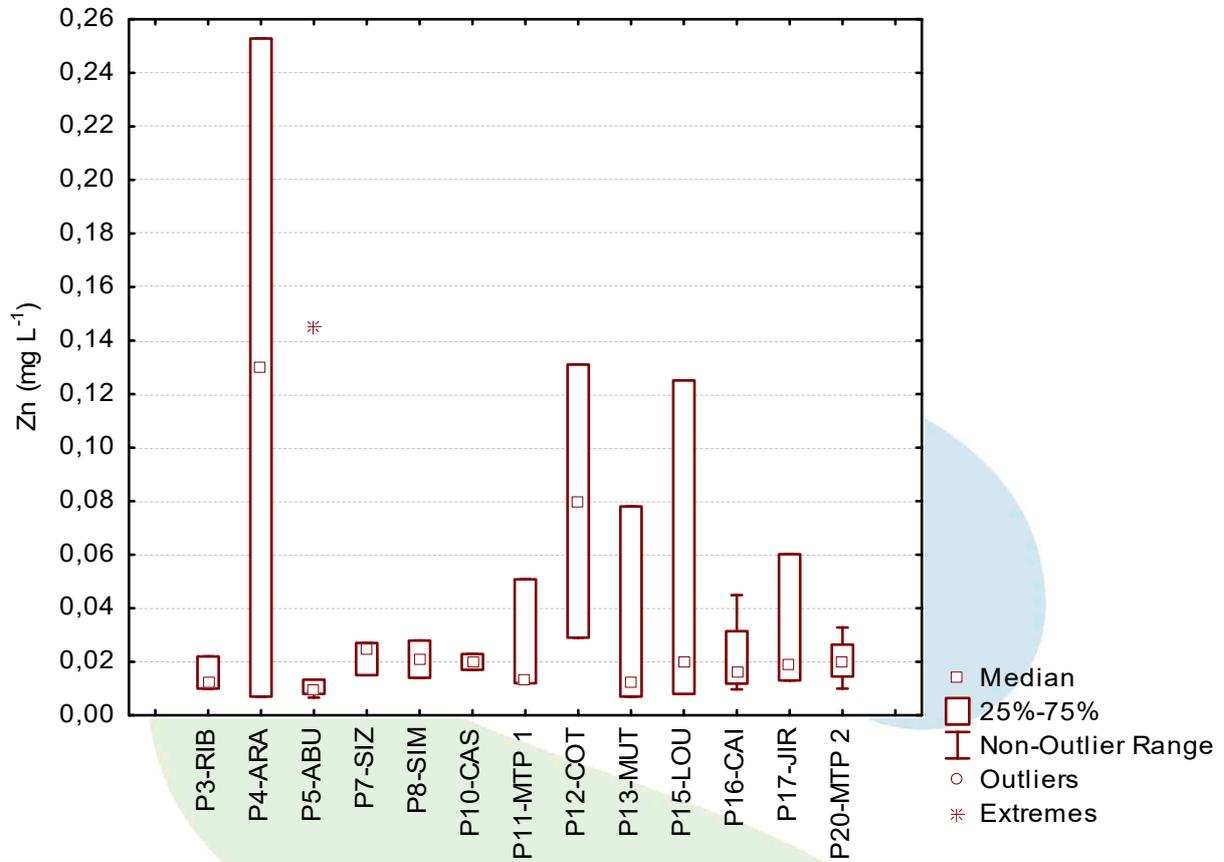


Figura 2-37 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) nas amostras de água coletadas nos tributários do rio Madeira na fase rio do empreendimento.



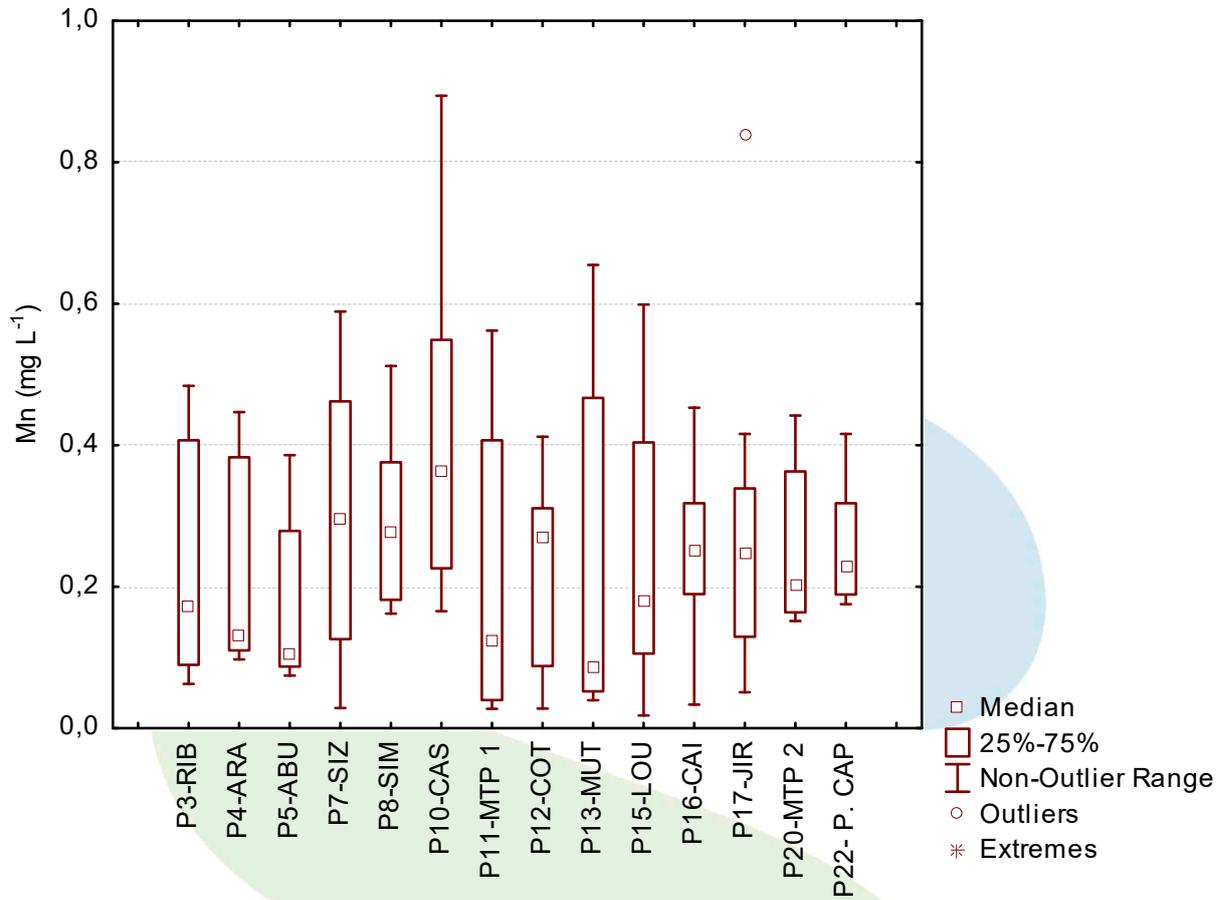


Figura 2-38 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) nas amostras de água coletadas nos tributários do rio Madeira na fase enchimento do empreendimento.



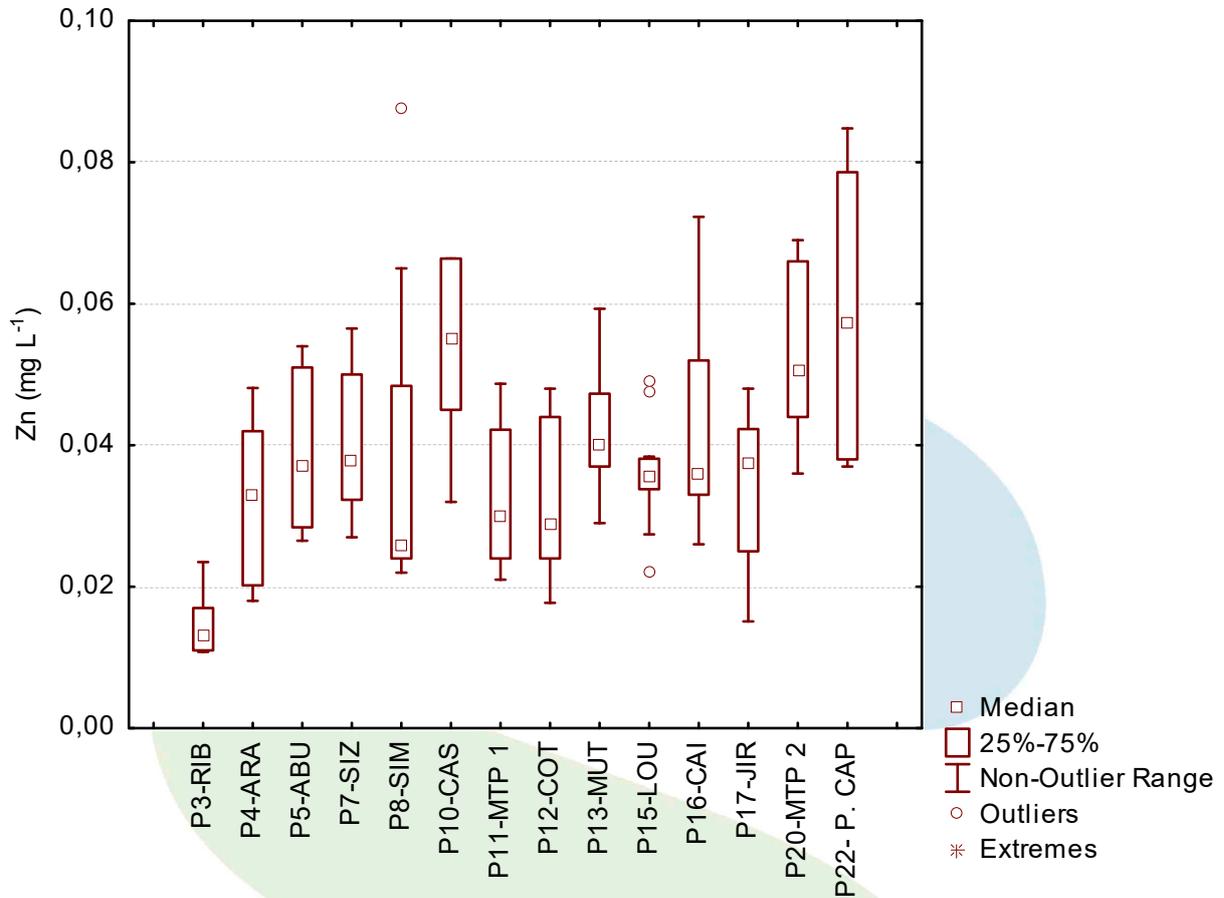


Figura 2-39 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) nas amostras de água coletadas nos tributários do rio Madeira na fase enchimento do empreendimento (os pontos P10-CAS da cheia e enchente de 2013 e da seca de 2012 foram excluídos para melhor visualização).



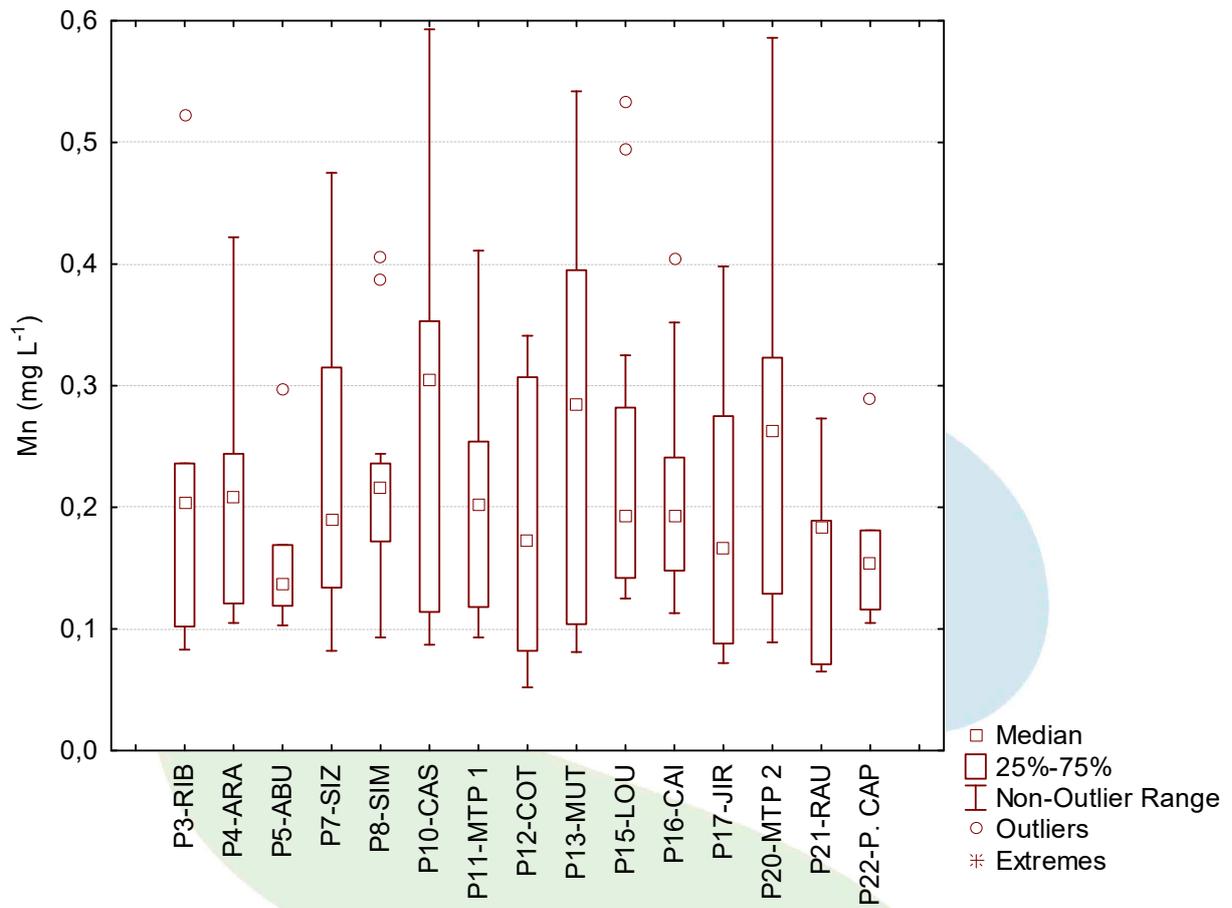


Figura 2-40 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) nas amostras de água coletadas nos tributários do rio Madeira na fase operativa do empreendimento.



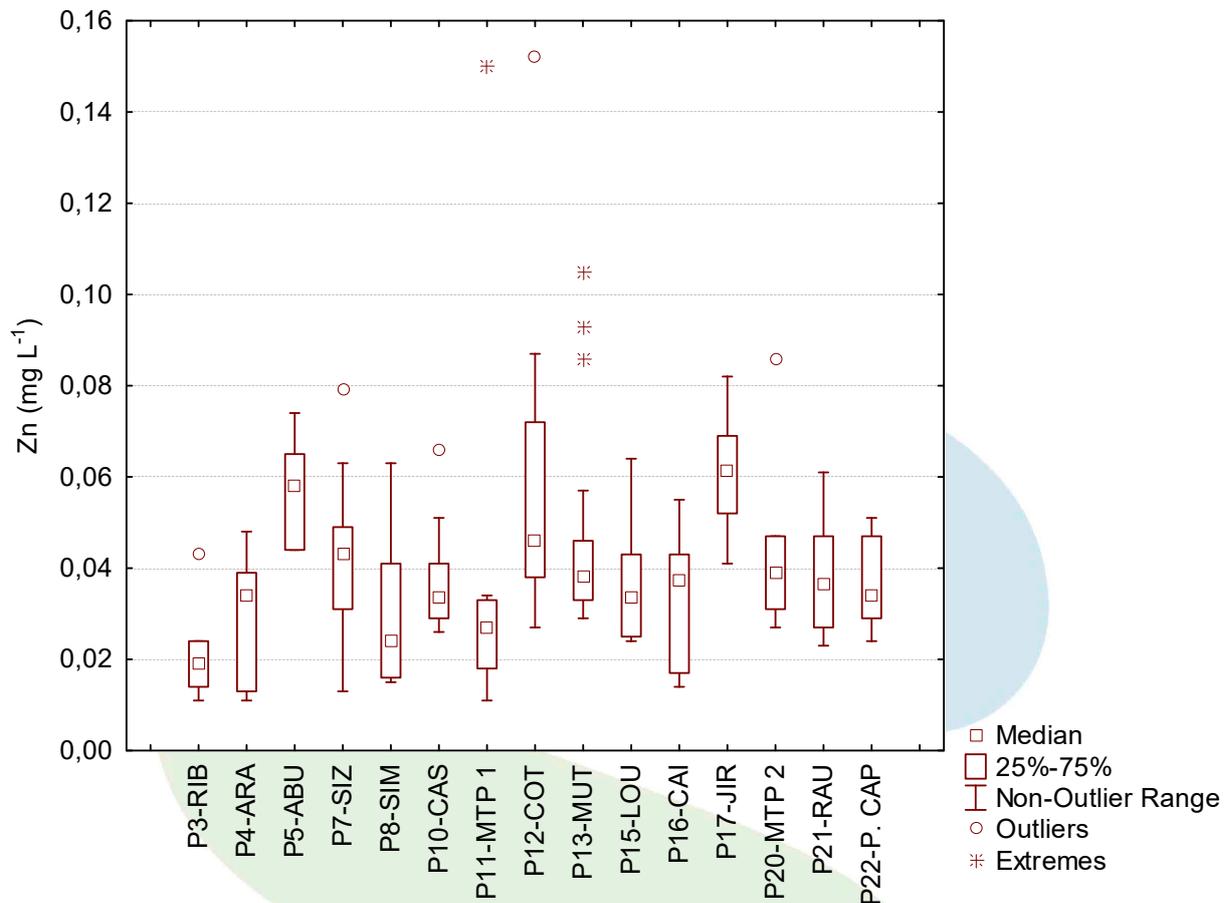


Figura 2-41 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) nas amostras de água coletadas nos tributários do rio Madeira na fase operativa do empreendimento (os pontos P11-MTP 1B e P12-COT 1 da enchente de 2016 foram excluídos para melhor visualização).

A análise de variância univariada (ANOVA_One way) foi feita para averiguar as diferenças entre as concentrações de manganês e zinco (**Quadro 2-20**) em amostras de água, considerando os diferentes transectos (margem direita, centro e margem esquerda), caso as hipóteses nulas entre os níveis categóricos sejam rejeitadas. O valor de alfa adotado para o nível de significância foi de 0,05 (5%) para o teste de Wilks. O teste mostrou que não há diferenças significativas, neste sentido aceita-se a hipótese nula.



Quadro 2-20 – Análise de variâncias multivariada das concentrações de Mn e Zn (mg L^{-1}) em amostras de água, nos transectos (margem direita, centro e margem esquerda).

	TEST	VALUE	F	EFFECT	ERROR	<i>p</i>
Intercept	Wilks	0,183106	845,4171	2	379	0,000000
Transecto	Wilks	0,994564	0,5172	4	758	0,723128

A análise de variância univariada (ANOVA_One way) (**Quadro 2-21**) corrobora com o resultado apresentado anteriormente.

Quadro 2-21 – Análise de variâncias univariada das concentrações de Mn e Zn (mg L^{-1}) em amostras de água, nos transectos (margem direita, centro e margem esquerda).

	DEGR. OF	Mn F	Mn <i>p</i>	Zn F	Zn <i>p</i>
Intercept	1	1497,071	0,000000	314,4820	0,000000
Transecto	2	0,024	0,976506	0,9778	0,377086
Error	380				
Total	382				

Apesar das concentrações de manganês na margem direita e do zinco no centro do rio Madeira apresentarem valor médio ligeiramente mais baixo, não foi observada diferença significativa entre as médias (**Figura 2-67**).



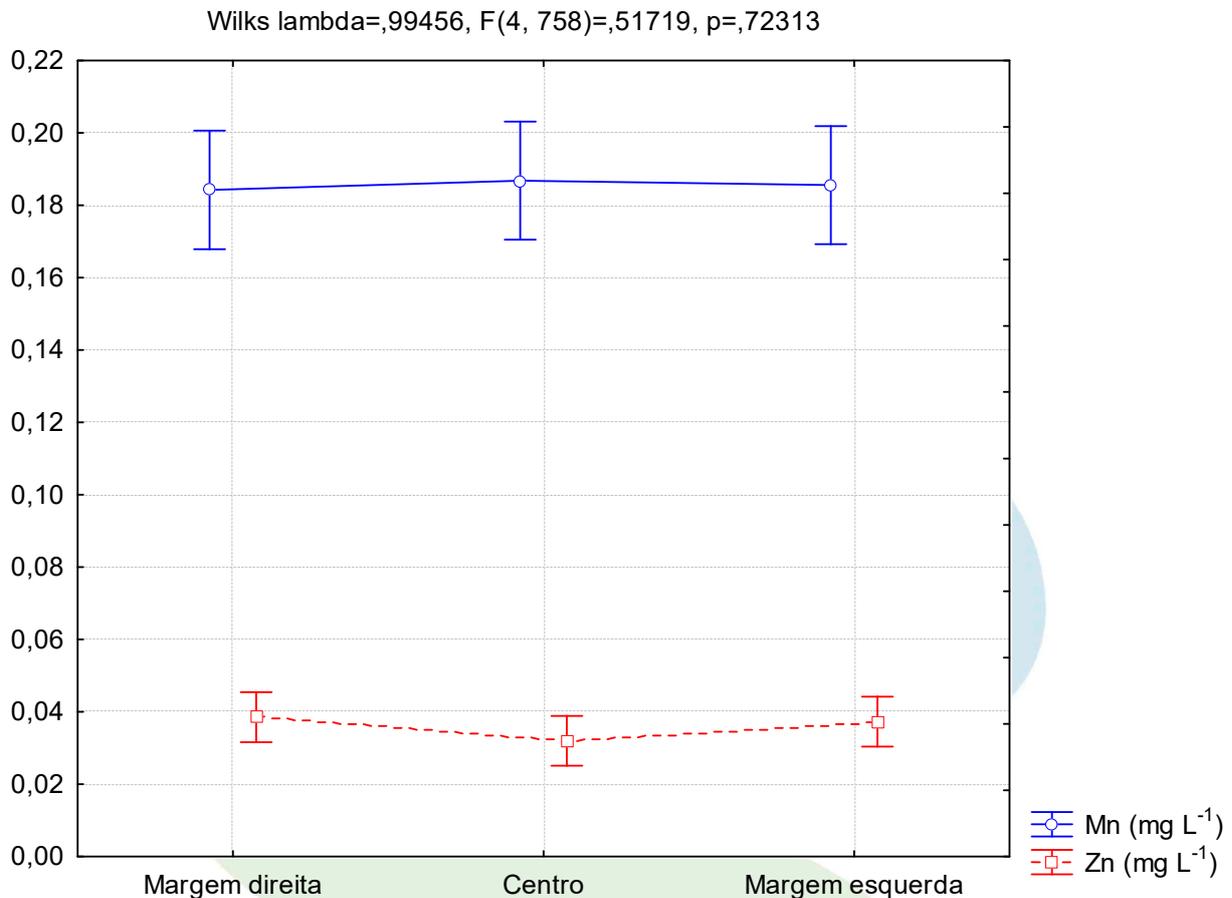


Figura 2-42 – Boxplot das concentrações de Mn e Zn em amostras de água, por transecto (margem direita, centro e margem esquerda), coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau.

Utilizou-se, também, de análise de variância multivariada (ANOVA/MANOVA) para averiguar as hipóteses nulas e os níveis de significância das concentrações de manganês e zinco em amostras de água entre as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa) e períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016), para os igarapés Ribeirão (P3-RIB) (**Quadro 2-22**) e Araras (P4-ARA) (**Quadro 2-23**). Sendo o valor de alfa adotado para o nível de significância foi de 0,05 (5%) para o teste de Wilks. Neste caso, as concentrações médias de manganês e zinco nas amostras de água coletadas nos igarapés Ribeirão e Araras não apresentaram diferença significativa em nenhum dos fatores.



Quadro 2-22 – Análise de Variâncias Multivariada das concentrações de manganês e zinco (mg L^{-1}) em amostras de água superficial coletadas no igarapé Ribeirão, nas fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016).

	TEST	VALUE	F	EFFECT	ERROR	<i>p</i>
Intercept	Wilks	0,125703	34,77626	2	10	0,000031
Fase do Empreendimento	Wilks	0,610631	1,39853	4	20	0,270459
Período	Wilks	0,797079	0,40027	6	20	0,870055

Quadro 2-23 – Análise de Variâncias Multivariada das concentrações de manganês e zinco (mg L^{-1}) em amostras de água superficial coletadas no igarapé Araras, nas fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016).

	TEST	VALUE	F	EFFECT	ERROR	<i>p</i>
Intercept	Wilks	0,286606	11,20097	2	9	0,003612
Fase do Empreendimento	Wilks	0,484301	1,96628	4	18	0,143059
Período	Wilks	0,775249	0,40722	6	18	0,864587

As relações das concentrações do manganês e zinco nos igarapés Ribeirão e Araras, no fator fase do empreendimento e períodos são representadas pela **Figura 2-43, Figura 2-44, Figura 2-45, Figura 2-46, Figura 2-47, Figura 2-48, Figura 2-49 e Figura 2-50**, evidenciando a baixa variação destes elementos entre as fases e períodos ($p > 0,05$).



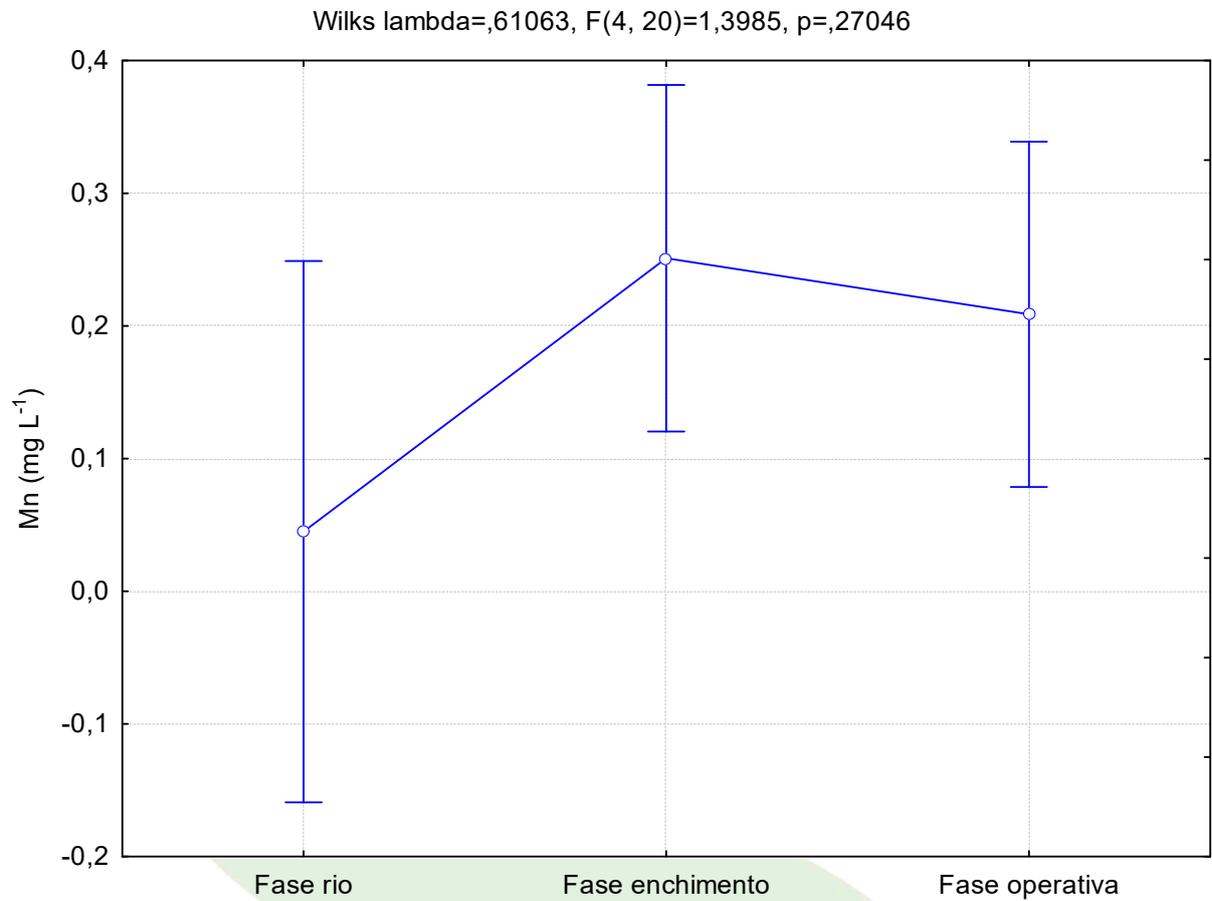


Figura 2-43 – Boxplot das concentrações de manganês amostras de água superficial coletadas no igarapé Ribeirão, para as diferentes fases do empreendimento, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.



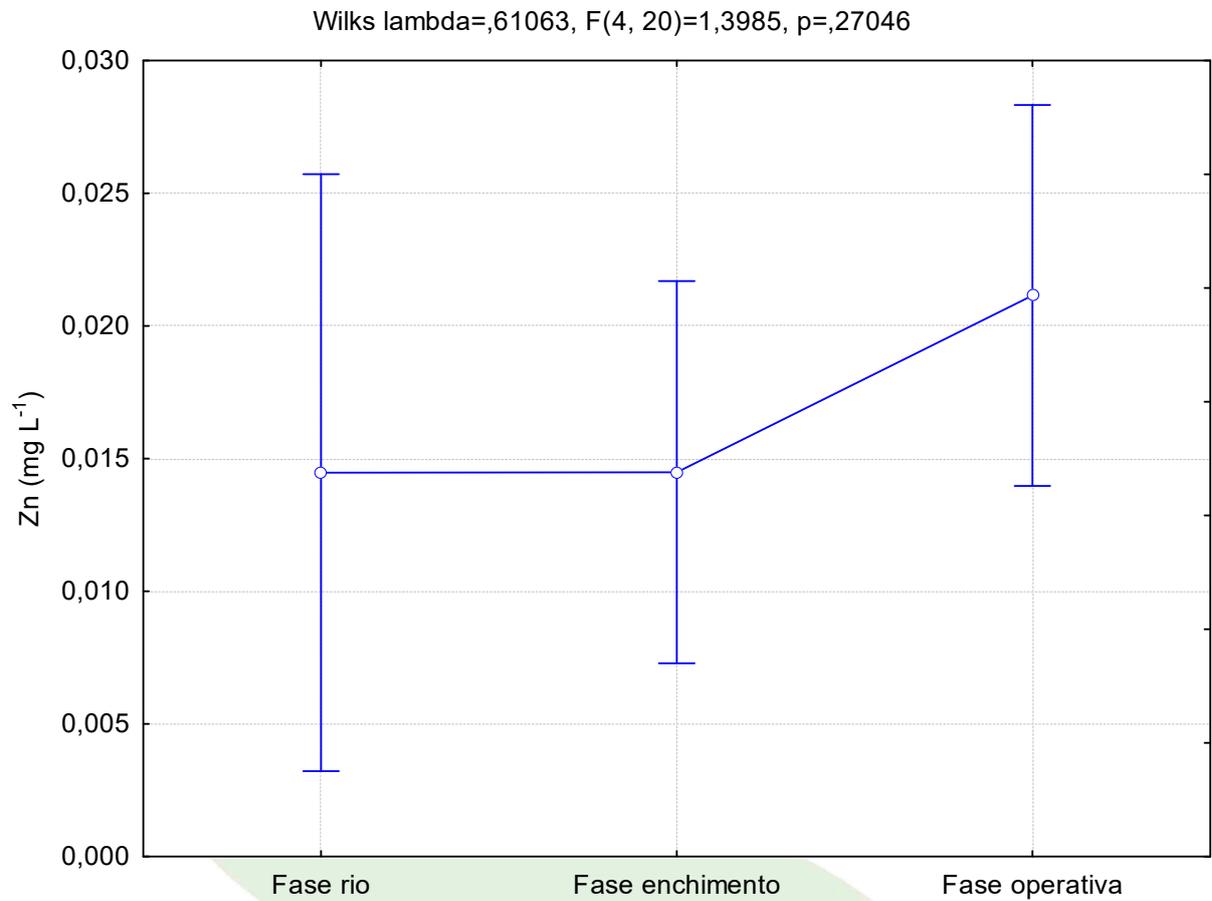


Figura 2-44 – Boxplot das concentrações de zinco amostras de água superficial coletadas no igarapé Ribeirão, para as diferentes fases do empreendimento, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.



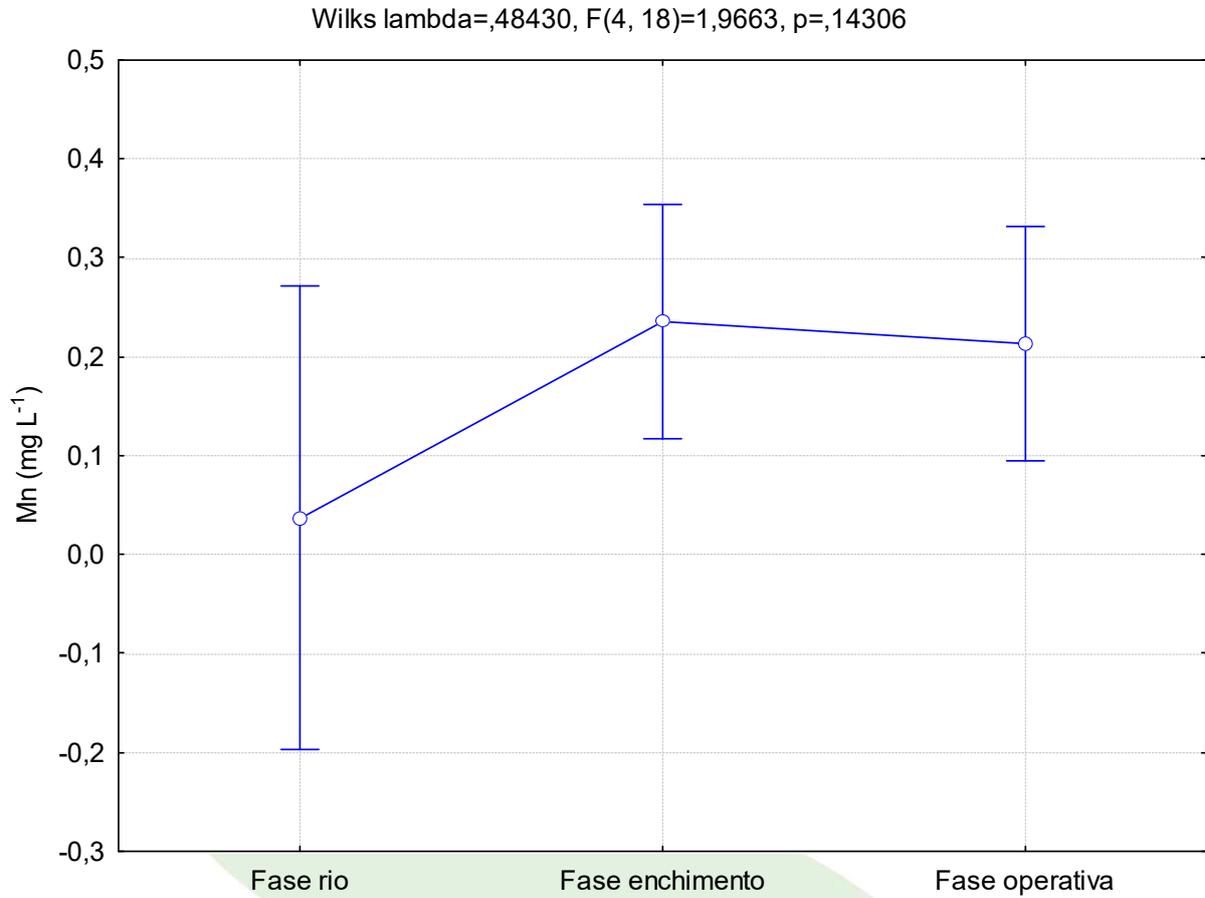


Figura 2-45 – Boxplot das concentrações de manganês amostras de água superficial coletadas no igarapé Araras, para as diferentes fases do empreendimento, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.



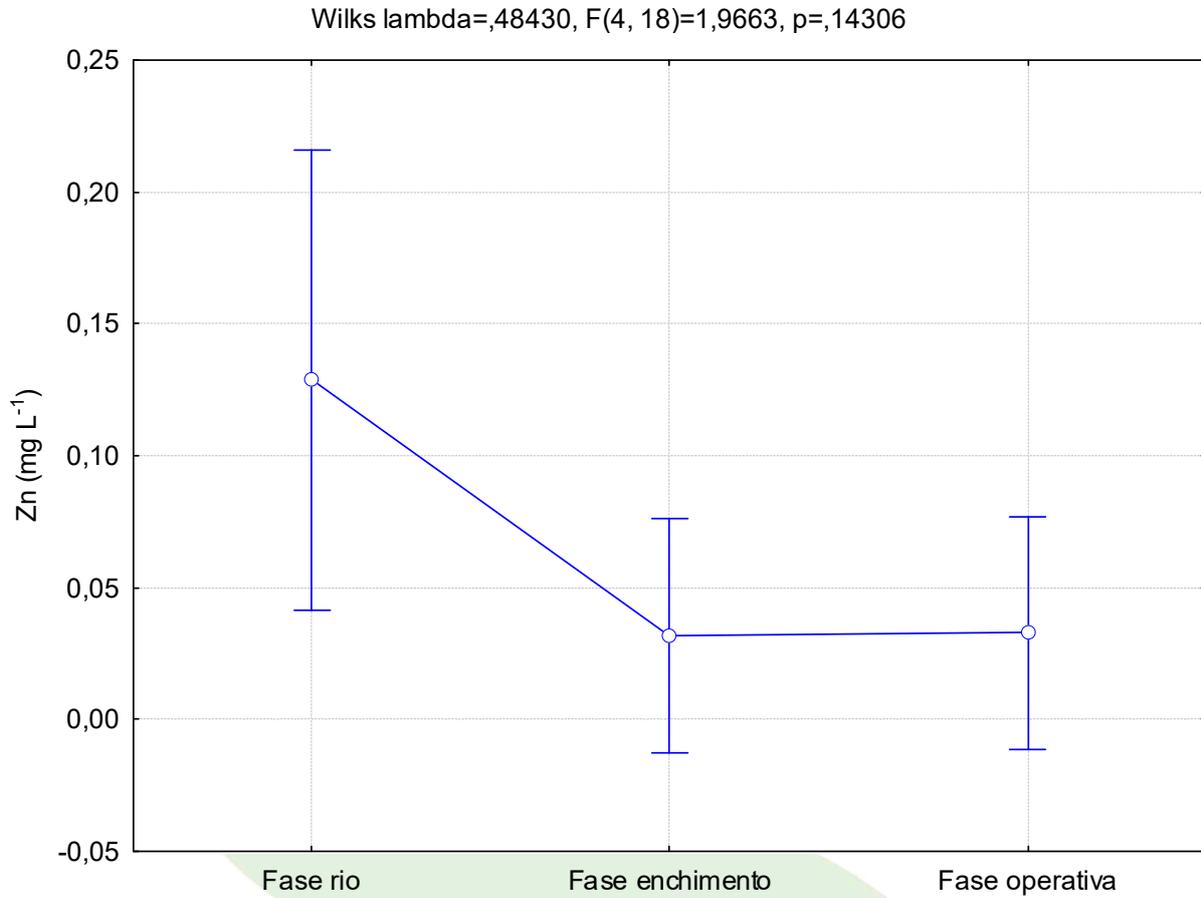


Figura 2-46 – Boxplot das concentrações de zinco em amostras de água superficial coletadas no Igarapé Araras, para as diferentes fases do empreendimento, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.



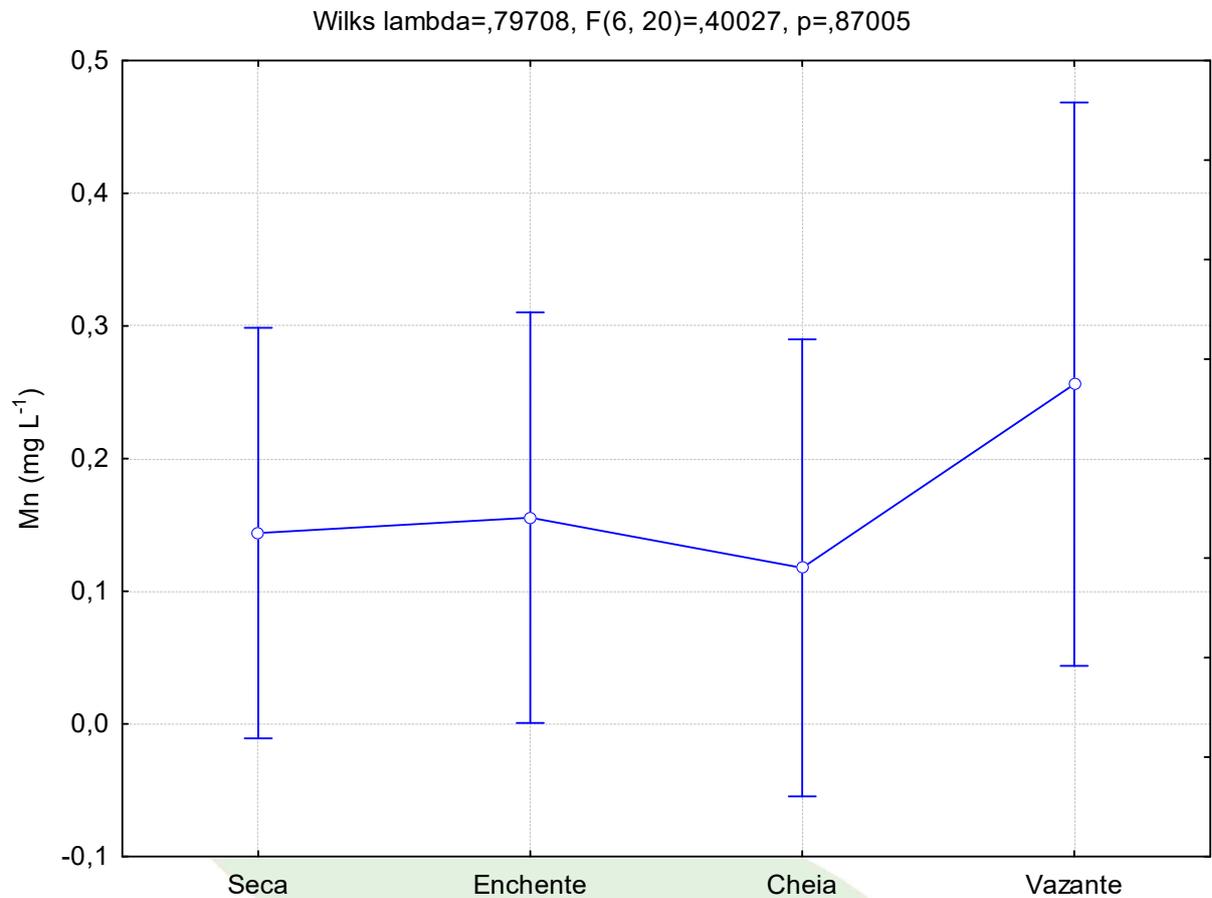


Figura 2-47 – Boxplot das concentrações de manganês em amostras de água superficial coletadas no Igarapé Ribeirão, por período hidrológico, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.



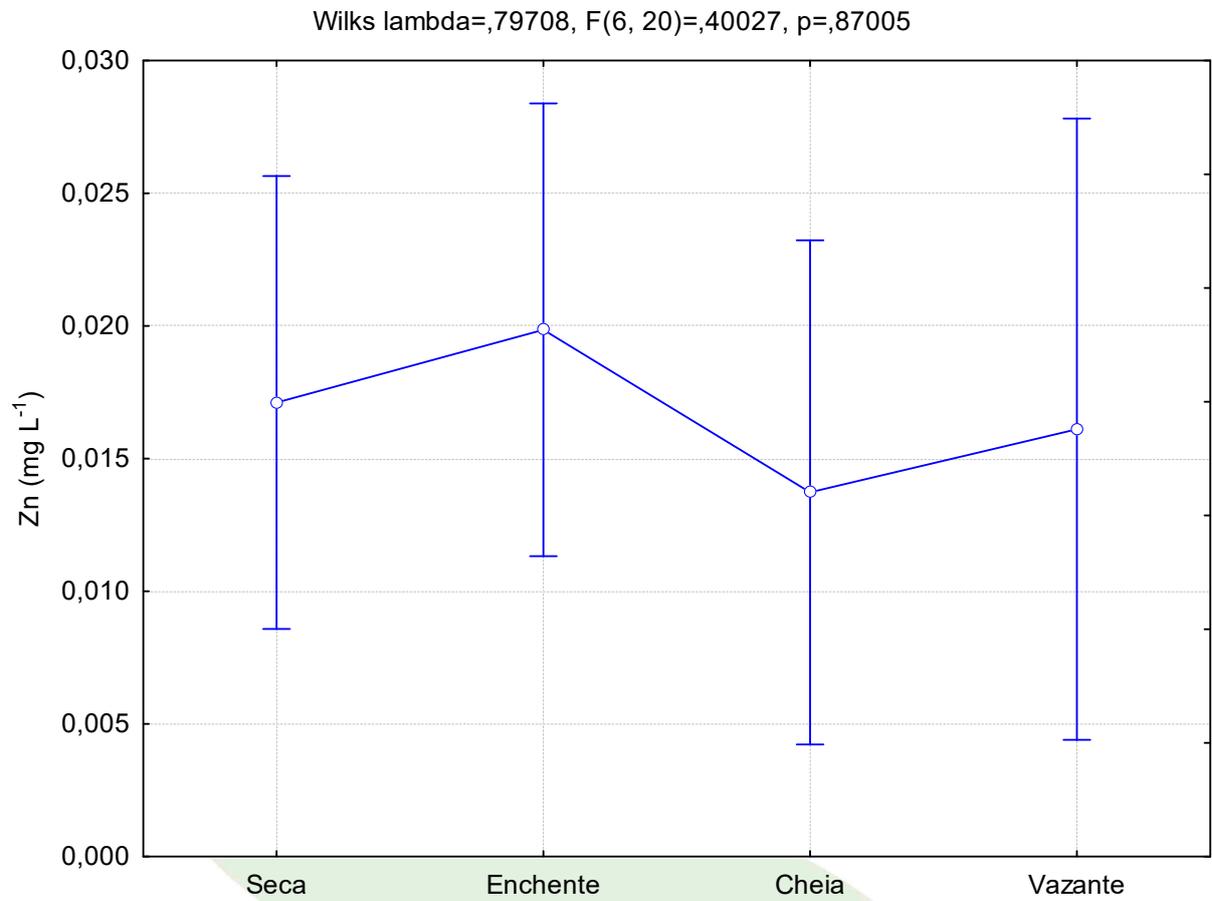


Figura 2-48 – Boxplot das concentrações de zinco em amostras de água superficial coletadas no igarapé Ribeirão, por período hidrológico, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.



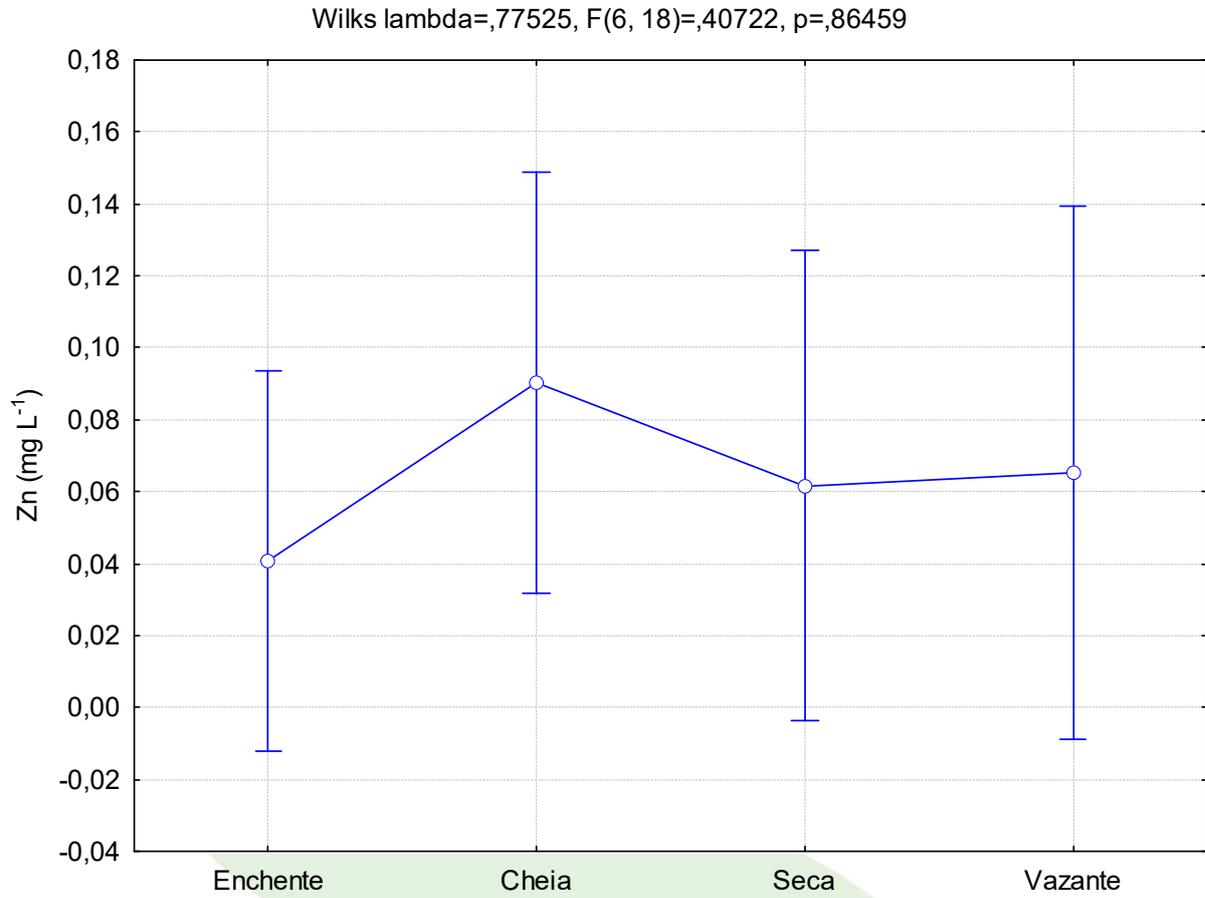


Figura 2-49 – Boxplot das concentrações de manganês em amostras de água superficial coletadas no igarapé Araras, por período hidrológico, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.



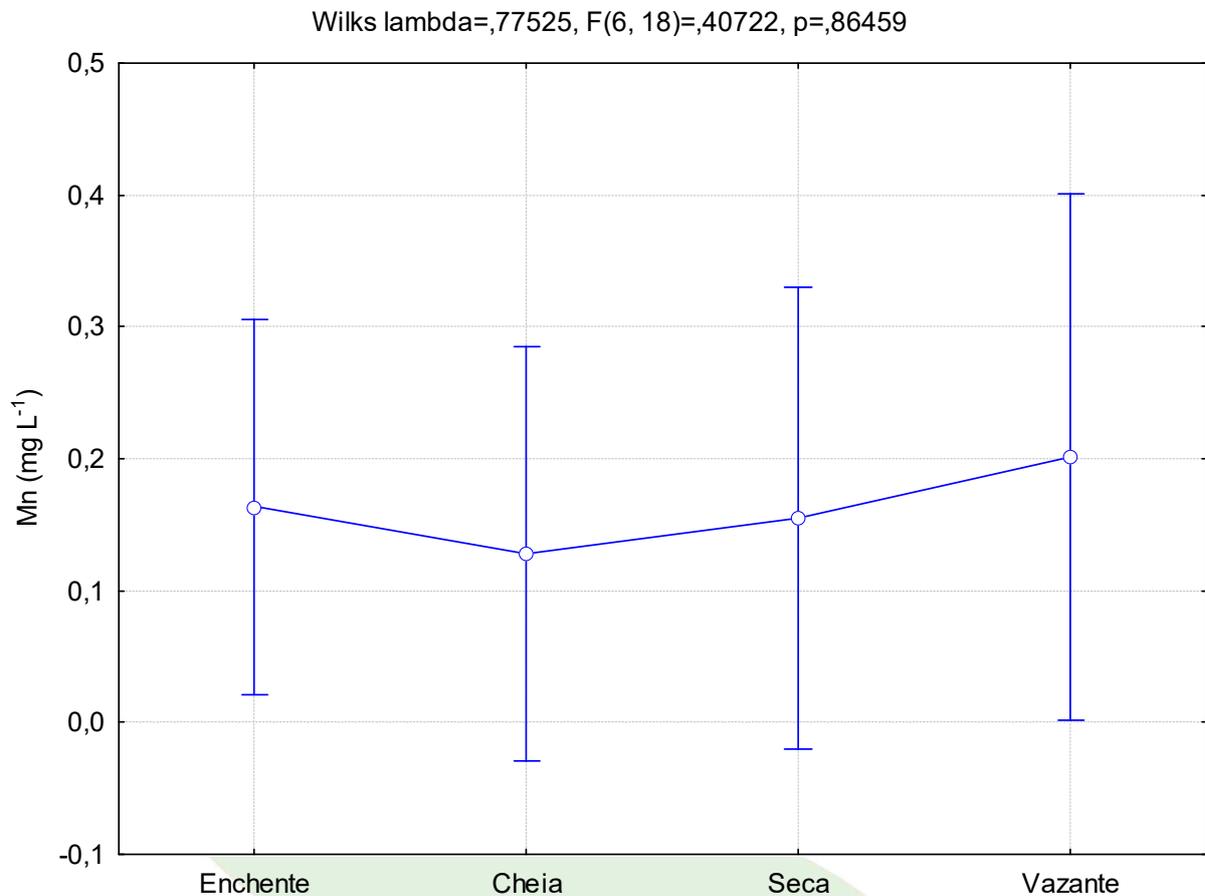


Figura 2-50 – Boxplot das concentrações de zinco em amostras de água superficial coletadas no igarapé Araras, por período hidrológico, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.

O **Quadro 2-24** apresenta as médias das concentrações do cádmio (Cd), crômio (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) e seus desvios padrões em amostras de perfis de solo (5, 20, 40, 60 e 100 cm), fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa) e fator fases do empreendimento versus perfis. As concentrações de arsênio (As) e selênio (Se) nas amostras do perfil do solo foram menores que $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ em todos os pontos amostrados e nas diferentes profundidades, dessa forma, não foram incluídos nas análises a seguir.



Usina Hidrelétrica Jirau

Quadro 2-24 – Concentrações médias e desvios padrões de Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn (mg kg^{-1}) em amostras de solo, dispostas por fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), perfis (5, 20, 40, 60 e 100) e fases do empreendimento *versus* perfis.

NÍVEL	NÍVEL	NÍVEL	N	Cd		Cr		Mn		Ni		Pb		Zn	
				MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
Total			855	1,18	1,13	6,90	7,16	157,01	126,93	16,06	20,32	8,83	8,82	55,12	36,52
Fase	Rio		435	0,99	0,76	5,55	3,35	147,79	114,78	16,61	24,21	7,44	5,85	47,45	21,32
Fase	Ench.		210	2,13	1,62	11,75	12,33	176,70	175,89	18,71	20,29	14,80	13,77	78,65	59,58
Fase	Oper.		280	0,66	0,24	4,57	1,60	159,36	78,15	13,58	6,29	5,88	2,83	45,95	14,37
Perfil	5		185	1,08	0,98	5,64	5,75	143,47	113,46	14,54	19,15	7,67	8,69	48,70	32,61
Perfil	20		185	1,10	1,04	6,13	6,25	150,21	123,71	14,93	19,10	8,07	8,38	49,86	32,48
Perfil	40		185	1,13	1,06	6,65	6,90	159,02	125,83	16,05	19,82	8,53	9,17	53,17	34,50
Perfil	60		185	1,20	1,15	7,14	7,67	163,97	121,68	17,27	19,95	9,06	7,78	57,34	38,66
Perfil	100		185	1,25	1,22	7,74	7,80	172,61	129,55	18,06	19,91	9,88	8,54	61,40	37,57
Fase*Perfil	Rio	5	87	0,91	0,64	4,57	2,82	132,68	100,19	14,74	23,66	6,43	5,22	42,23	19,51
Fase*Perfil	Rio	20	87	0,92	0,68	5,17	3,03	137,97	109,09	15,33	23,87	6,76	5,25	43,79	19,43
Fase*Perfil	Rio	40	87	0,98	0,75	5,54	3,00	149,98	112,51	16,37	23,81	7,27	5,63	47,09	21,29



Usina Hidrelétrica Jirau

Quadro 2-24 – Concentrações médias e desvios padrões de Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn (mg kg^{-1}) em amostras de solo, dispostas por fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), perfis (5, 20, 40, 60 e 100) e fases do empreendimento *versus* perfis – Continuação.

NÍVEL	NÍVEL	NÍVEL	N	Cd		Cr		Mn		Ni		Pb		Zn	
				MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
Fase*Perfil	Rio	60	87	1,05	0,84	6,00	3,64	157,90	121,42	17,96	25,13	8,02	6,08	50,20	21,79
Fase*Perfil	Rio	100	87	1,09	0,88	6,45	3,91	160,42	128,62	18,65	24,88	8,72	6,73	53,91	22,73
Fase*Perfil	Ench.	5	42	2,01	1,46	10,08	10,16	164,50	169,99	18,08	20,24	13,88	14,88	71,45	54,93
Fase*Perfil	Ench.	20	42	2,08	1,57	10,63	11,22	172,64	186,35	17,46	19,59	14,40	13,95	72,14	55,27
Fase*Perfil	Ench.	40	42	2,06	1,61	11,66	12,57	178,51	189,06	19,08	22,55	14,77	15,76	76,11	58,50
Fase*Perfil	Ench.	60	42	2,20	1,70	12,61	13,83	173,99	164,33	19,15	19,75	14,83	11,65	83,75	66,86
Fase*Perfil	Ench.	100	42	2,33	1,80	13,78	13,67	193,87	175,63	19,80	20,07	16,15	12,77	89,78	62,26
Fase*Perfil	Oper.	5	56	0,63	0,23	3,97	1,26	144,47	72,83	11,58	5,29	4,93	2,30	41,43	12,97
Fase*Perfil	Oper.	20	56	0,63	0,22	4,23	1,41	152,40	77,97	12,42	5,70	5,35	2,45	42,59	13,06
Fase*Perfil	Oper.	40	56	0,66	0,24	4,61	1,43	158,46	78,15	13,27	5,81	5,79	2,64	45,41	14,11
Fase*Perfil	Oper.	60	56	0,68	0,25	4,82	1,75	165,88	78,79	14,80	6,60	6,35	2,99	48,47	14,45
Fase*Perfil	Oper.	100	56	0,69	0,25	5,20	1,82	175,61	81,82	15,83	7,10	6,99	3,28	51,75	15,08

*DP – Desvio padrão; Ench. – Fase enchimento; Oper. – Fase operação.



A análise de variância multivariada (ANOVA/MANOVA) averiguou as hipóteses nulas e os níveis de significância das concentrações de cádmio (Cd), crômio (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) em amostras de solo, entre as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), os períodos (enchente e vazante), os perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) e entre estes fatores. O teste mostrou haver diferenças significativas apenas para o fator fases do empreendimento e períodos hidrológico e entre os fatores fases e períodos, neste caso, a hipótese nula foi rejeitada, aceitando assim a hipótese alternativa, onde se infere pela diferença das médias, indicando assim populações estatisticamente diferentes para fases do empreendimento e períodos hidrológicos. Além disso, a análise indica que não há diferença significativa entre os perfis, ou quando analisado perfis conjuntamente com os fatores períodos hidrológicos e fases do empreendimento. O valor de alfa adotado para o nível de significância foi de 0,05 (5%) para o teste de Wilks (**Quadro 2-25**).

Quadro 2-25 – Análise de Variâncias Multivariada das concentrações de Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn (mg kg^{-1}) em amostras de solo, nas fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), perfis (5, 20, 40, 60 e 100) e fases do empreendimento versus perfis.

	TEST	VALUE	F	EFFECT	ERROR	<i>p</i>
Intercept	Wilks	0,243403	457,9733	6	884,000	0,000000
Períodos hidrológicos	Wilks	0,930120	11,0691	6	884,000	0,000000
Fases do empreendimento	Wilks	0,595983	43,5132	12	1768,000	0,000000
Perfis	Wilks	0,972104	1,0467	24	3085,118	0,399843
Períodos*Fases	Wilks	0,933152	5,1860	12	1768,000	0,000000
Períodos*Perfis	Wilks	0,997614	0,0881	24	3085,118	1,000000
Fases*Perfis	Wilks	0,987905	0,2246	48	4353,713	1,000000
Períodos*Fases*Perfis	Wilks	0,996985	0,0557	48	4353,713	1,000000

Apesar da análise multivariada indicar variação entre os diferentes períodos hidrológicos, ao observar cada elemento individualmente, por meio de análise de variâncias univariada (**Quadro 2-26**), é possível notar que as concentrações de Mn e Ni não apresentam variação significativa ($p > 0,05$) entre as médias nos diferentes períodos hidrológicos, que pode indicar pouca variação sazonal dessa matriz, no que se refere às concentrações de Cr, Mn, Ni, Pb e Zn.

Quadro 2-26 – Análise de variâncias univariada das concentrações de Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn (mg kg^{-1}) em amostras de solo, nas fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), perfis (5, 20, 40, 60 e 100) e fases do empreendimento versus perfis.

	Degr. of	Cd		Cr		Mn		Ni		Pb		Zn	
		F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Intercept	1	51,41149	0,000000	1187,656	0,000000	1409,134	0,000000	559,0906	0,000000	1192,892	0,000000	2566,491	0,000000
Períodos	1	2,97386	0,084965	34,791	0,000000	3,812	0,051186	0,0551	0,814410	11,311	0,000803	16,148	0,000064
Fases	2	4,79441	0,008490	110,294	0,000000	5,750	0,003301	4,7549	0,008828	92,133	0,000000	84,571	0,000000
Perfis	4	0,55721	0,693804	3,604	0,006344	1,367	0,243417	0,8125	0,517265	1,859	0,115555	4,600	0,001111
Períodos*Fases	2	9,07446	0,000125	11,063	0,000018	2,317	0,099129	1,3180	0,268198	3,234	0,039860	4,469	0,011711
Períodos*Perfis	4	0,65413	0,624057	0,147	0,964449	0,039	0,997120	0,0119	0,999722	0,002	0,999988	0,021	0,999114
Fases*Perfis	8	0,69757	0,693954	0,398	0,922084	0,054	0,999924	0,0408	0,999974	0,029	0,999993	0,189	0,992379
Períodos*Fases*Perfis	8	0,66600	0,721796	0,041	0,999974	0,068	0,999813	0,0244	0,999996	0,008	1,000000	0,007	1,000000
Error	895												
Total	924												

A variabilidade encontrada entre os perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2016 para as concentrações de cádmio (Cd) no solo não mostrou-se significativa às diferenças entre as médias, sendo mais elevadas no perfil de 100 cm. Além disso,

pode-se inferir que as concentrações de Cd aumentaram gradativamente ao longo dos perfis evidenciando um processo natural do estoque deste metal no solo, conforme pode ser observado na

Figura 2-51.

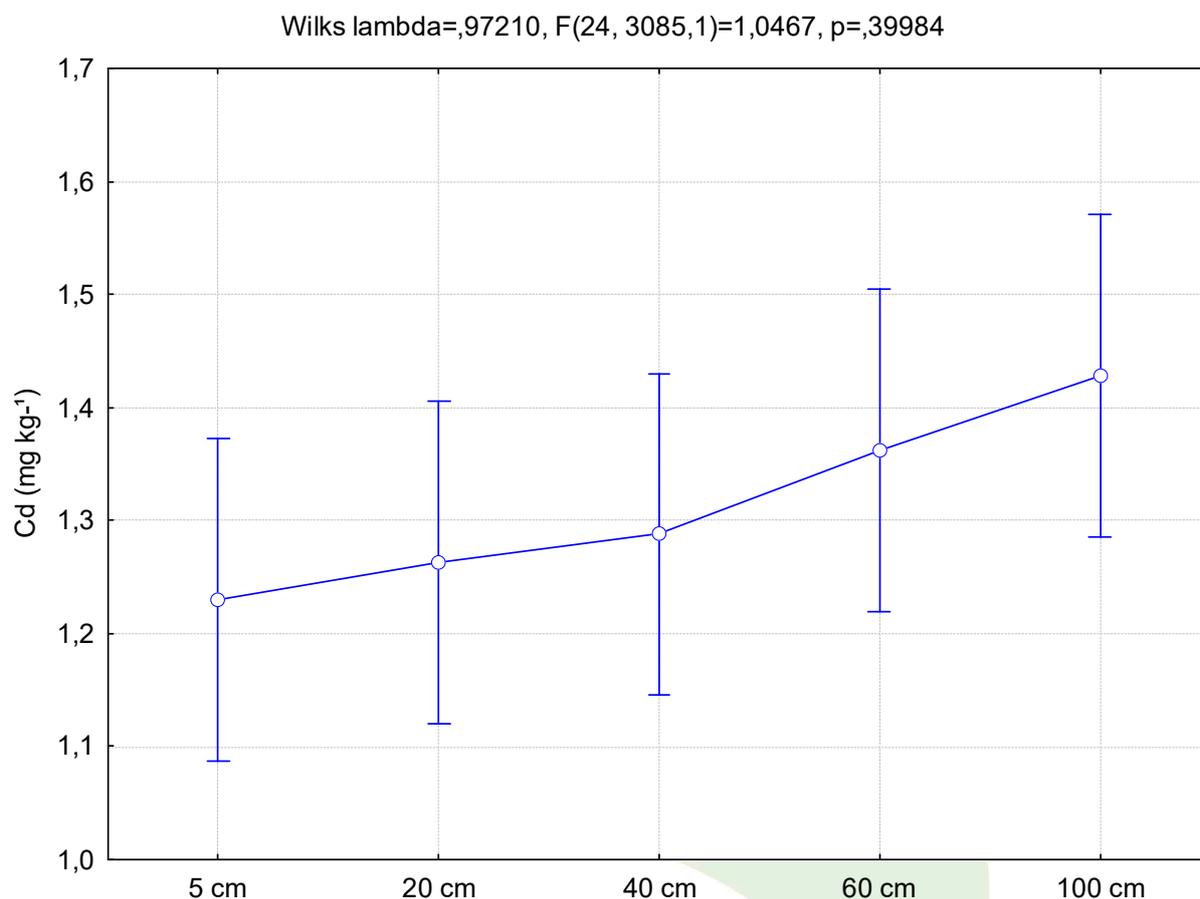


Figura 2-51 – Boxplot das concentrações de cádmio (Cd) em amostras de solo, coletadas em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100), na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período hidrológico de enchente e vazante de 2010 a 2015.

A variação entre as concentrações médias de Cd entre os fatores perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) *versus* períodos hidrológicos (enchente e vazante de 2010 a 2016) está representada no gráfico da análise de variâncias multivariadas (**Figura 2-52**). O período de vazante apresentou as maiores concentrações médias de Cd quando comparado ao período de enchente. A variação entre as concentrações médias de Cd entre

os fatores perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) *versus* fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa) está representada no gráfico da análise de variâncias multivariadas. A fase enchimento apresentou as maiores concentrações médias de Cd seguida da fase rio e operativa do empreendimento, evidenciando a heterogeneidade e a não existência de pontos de contaminação difusa (**Figura 2-53**).

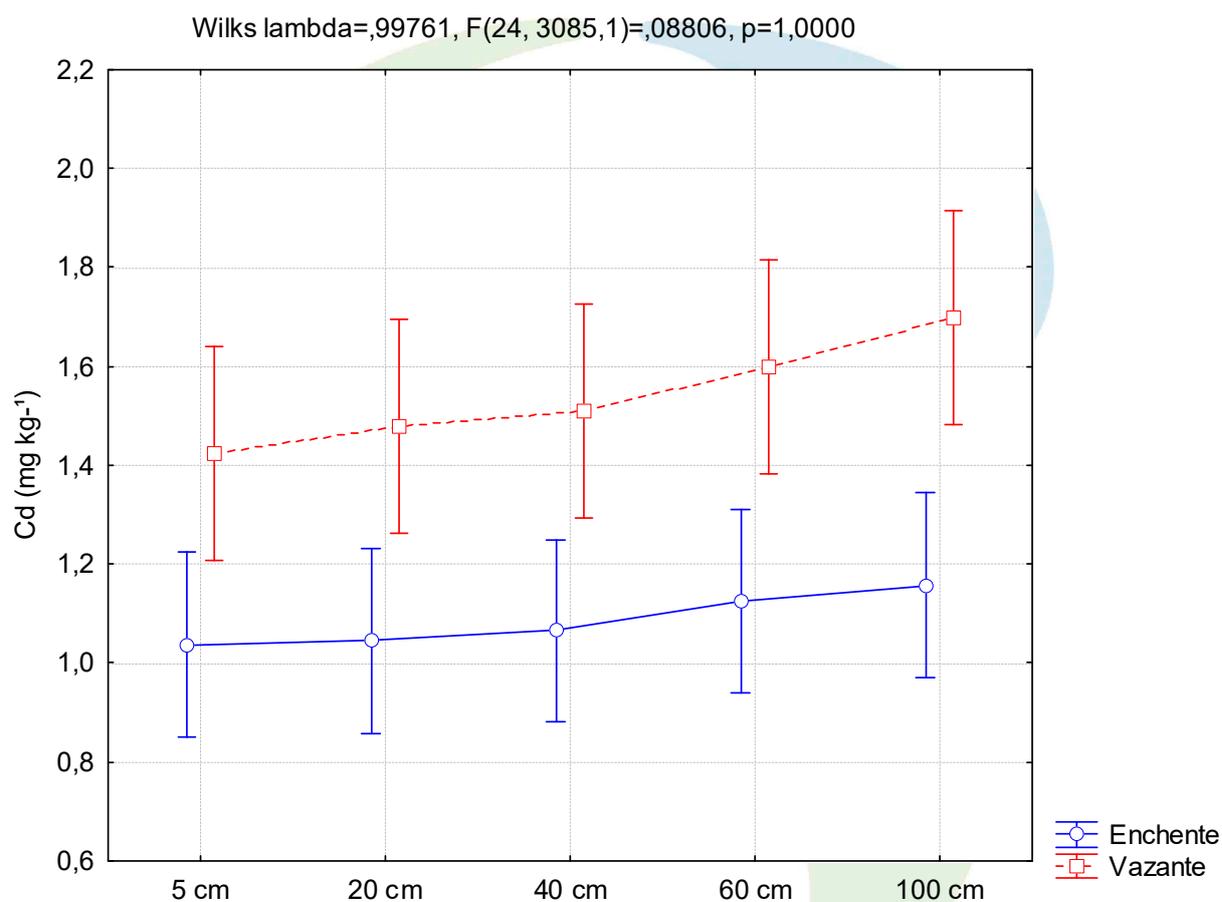


Figura 2-52 – Boxplot das concentrações de cádmio (Cd) em amostras de solo, coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100) para cada período hidrológico (enchente e vazante).



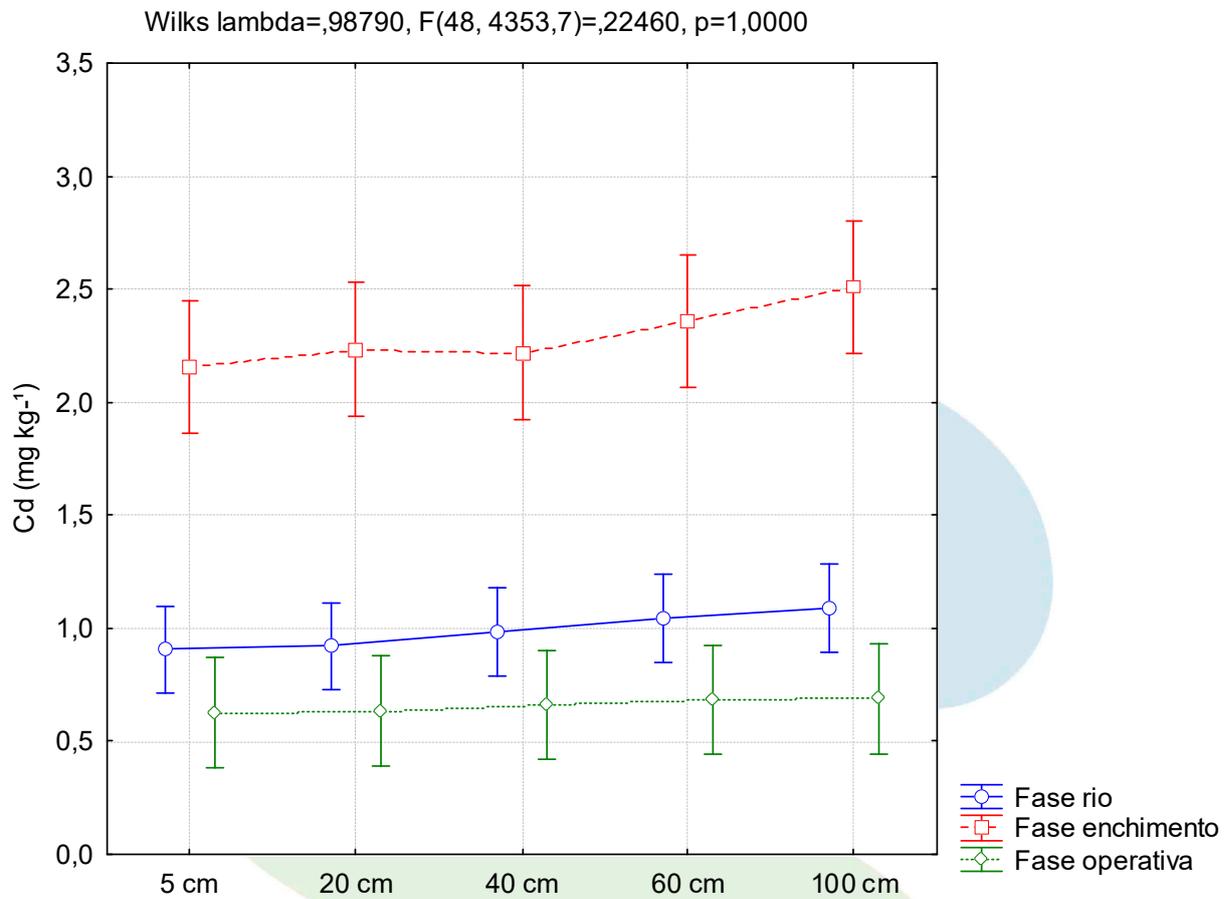


Figura 2-53 – boxplot das concentrações de cádmio (Cd) em amostras de solo, coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100) para cada fase do empreendimento (rio, enchimento e operativa).

A variabilidade encontrada entre os perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2016 para as concentrações de Crômio (Cr) no solo não mostrou-se significativa às diferenças entre as médias, sendo mais elevadas no perfil de 100 cm. Além disso, pode-se inferir que as concentrações de Cr aumentam gradativamente ao longo dos perfis evidenciando um processo natural do estoque deste metal no solo, conforme pode ser observado na **Figura 2-54**. A variação entre as concentrações médias de Cr entre os fatores perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) *versus* períodos hidrológicos (enchente e vazante de 2010 a 2016) está representada no gráfico da análise de variâncias multivariadas (**Figura 2-55**). O período de vazante apresentou as maiores concentrações médias de Cr quando

comparado ao período de enchente. A variação entre as concentrações médias de Cr entre os fatores perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) *versus* fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa) está representada no gráfico da análise de variâncias multivariadas, não apresentando diferença significativa. A fase enchimento apresentou as maiores concentrações médias de Cr seguida da fase rio e operativa, evidenciando a heterogeneidade e a não existência de pontos de contaminação difusa (**Figura 2-56**).

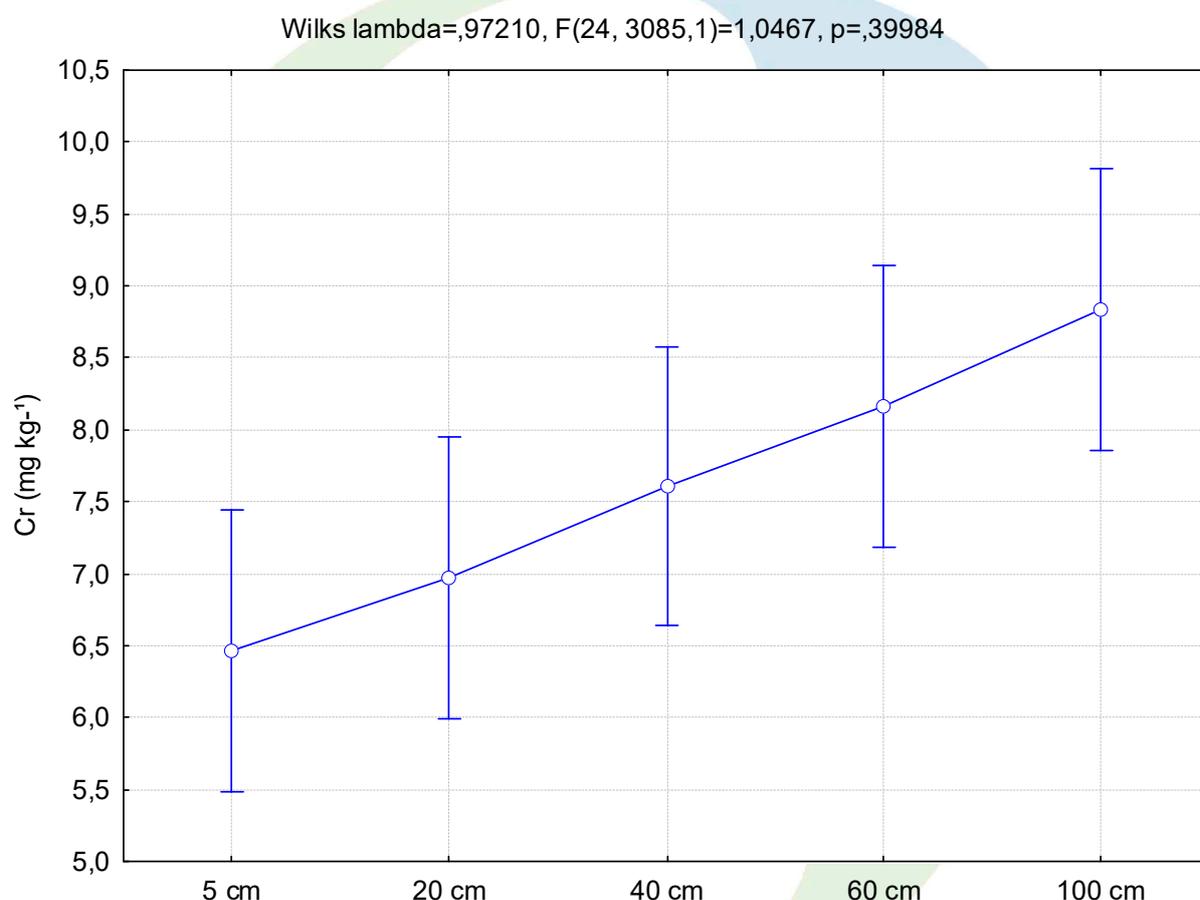


Figura 2-54 – Boxplot das concentrações de Crômio (Cr) em amostras de solo, coletadas em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100), na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período hidrológico de enchente e vazante de 2010 a 2015.

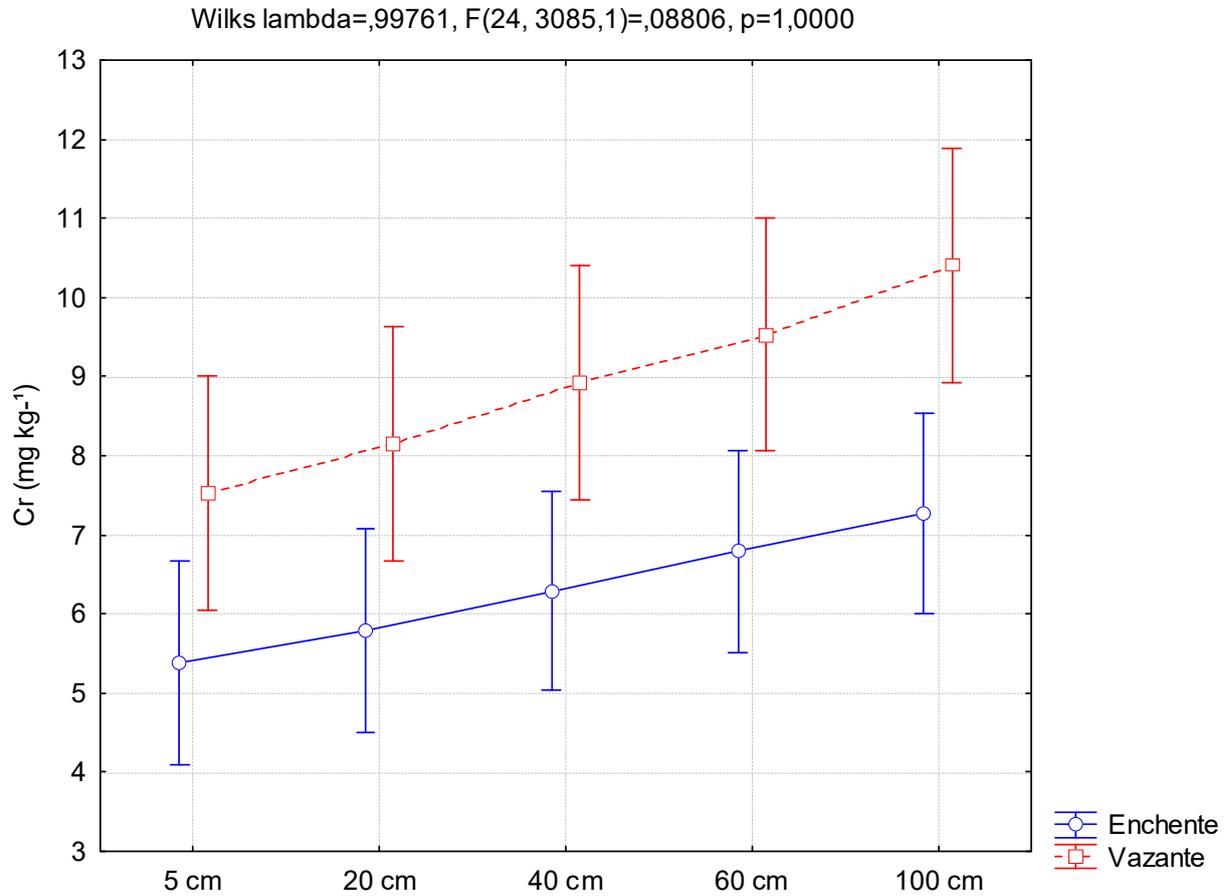


Figura 2-55 – Boxplot das concentrações de Crômio (Cr) em amostras de solo, coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100) para cada período hidrológico (enchente e vazante).



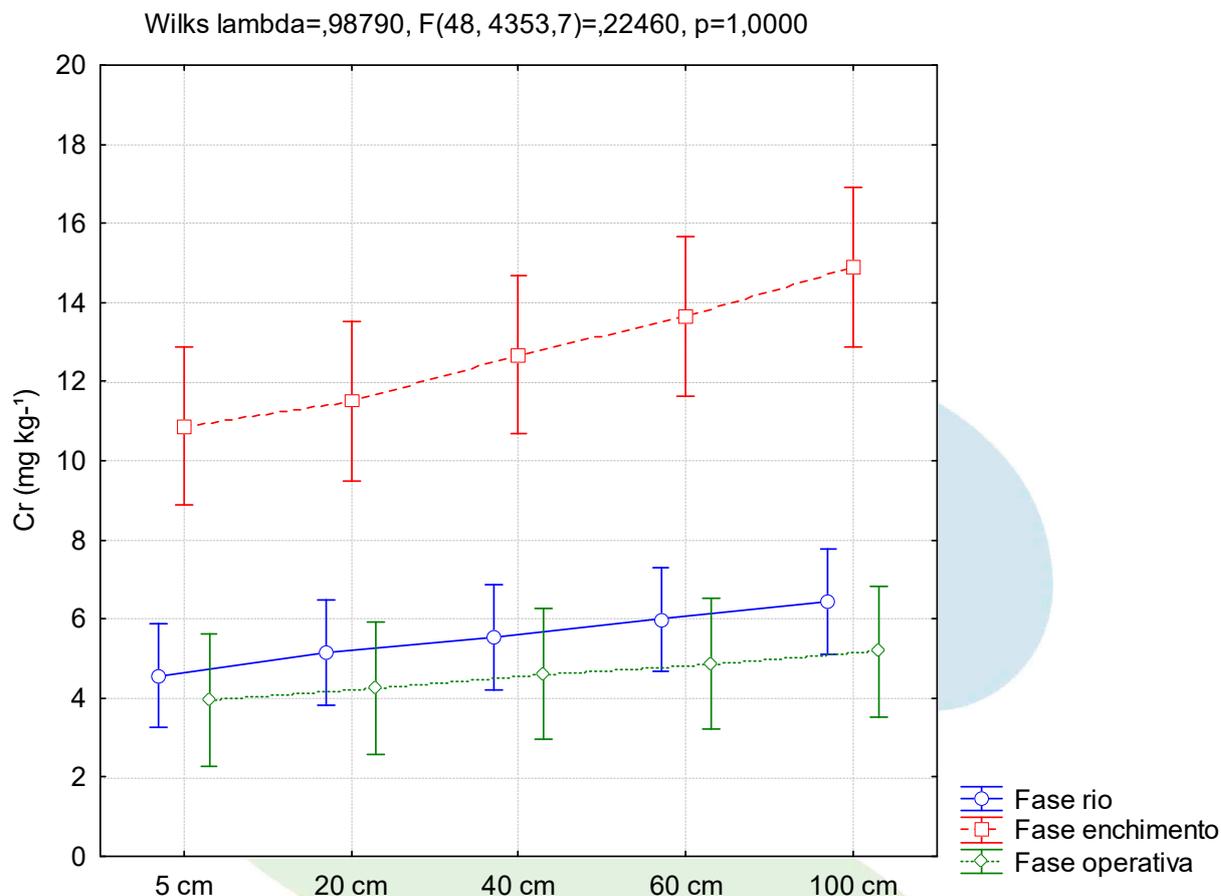


Figura 2-56 – Boxplot das concentrações de Crômio (Cr) em amostras de solo, coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100) para cada fase do empreendimento (rio, enchimento e operativa).

A variabilidade encontrada entre os perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2015 para as concentrações de manganês (Mn) no solo não mostrou-se significativa às diferenças entre as médias, sendo mais elevadas no perfil de 100 cm. Além disso, pode-se inferir que as concentrações de Mn aumentam gradativamente ao longo dos perfis evidenciando um processo natural do estoque deste metal no solo, conforme pode ser observado na **Figura 2-57**. A variação entre as concentrações médias de Mn entre os fatores perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) *versus* períodos hidrológicos (enchente e vazante de 2010 a 2016) está representada no gráfico da análise de variâncias multivariadas (**Figura 2-58**). O período de vazante apresentou as maiores concentrações médias de Mn quando

comparado ao período de enchente. A variação entre as concentrações médias de Mn entre os fatores perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) *versus* fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa) está representada no gráfico da análise de variâncias multivariadas, não apresentando diferença significativa. A fase enchimento apresentou as maiores concentrações médias de Mn seguida da fase operativa e rio, evidenciando a heterogeneidade e a não existência de pontos de contaminação difusa (**Figura 2-59**).

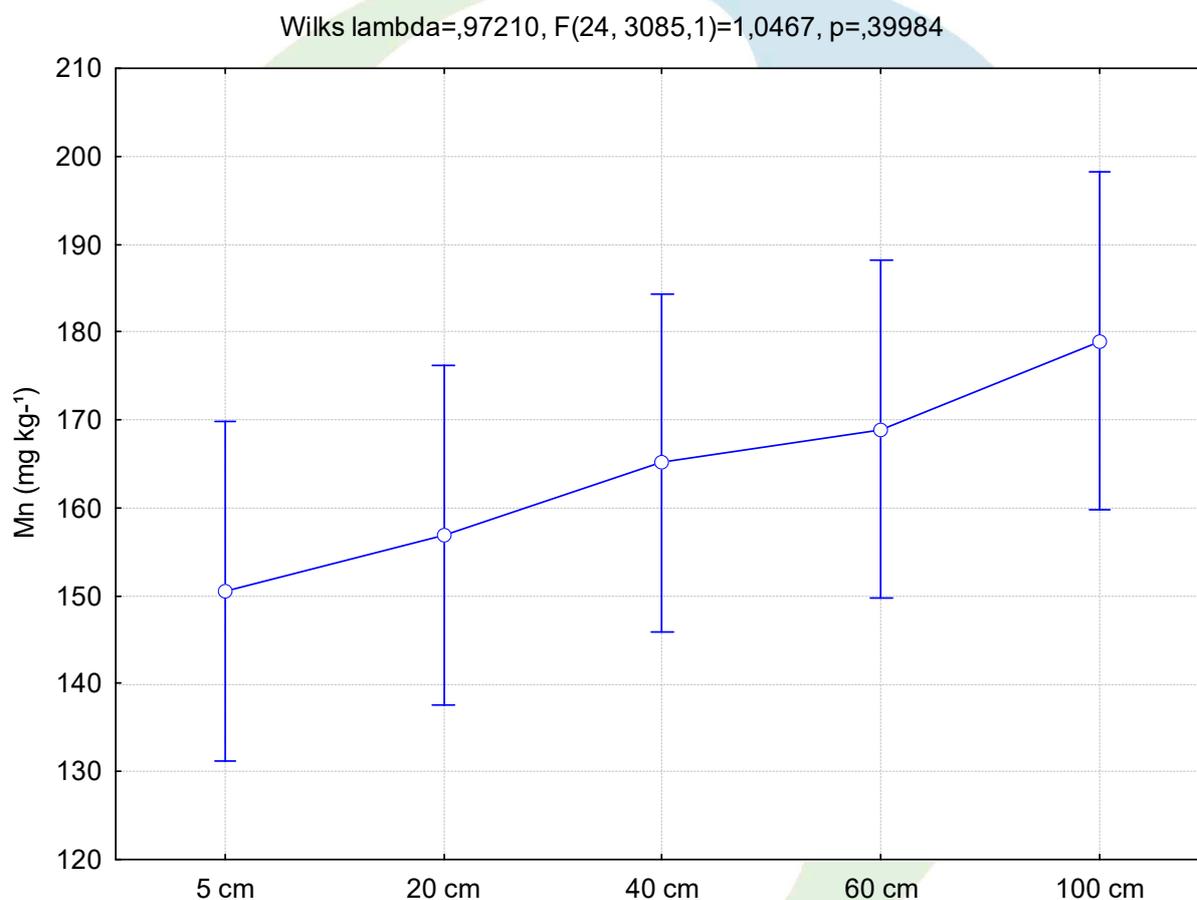


Figura 2-57 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) em amostras de solo, coletadas em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100), na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período hidrológico de enchente e vazante de 2010 a 2015.

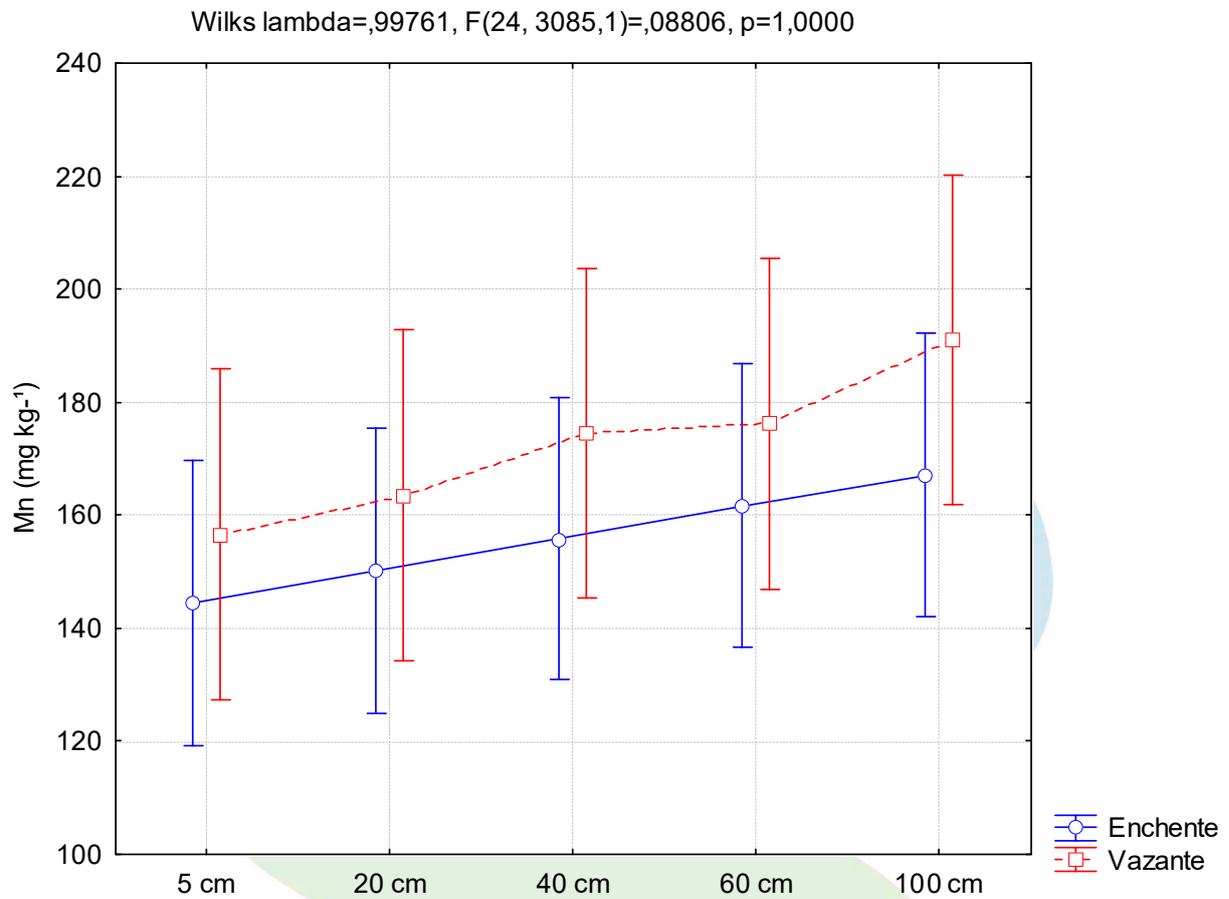


Figura 2-58 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) em amostras de solo, coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100) para cada período hidrológico (enchente e vazante).

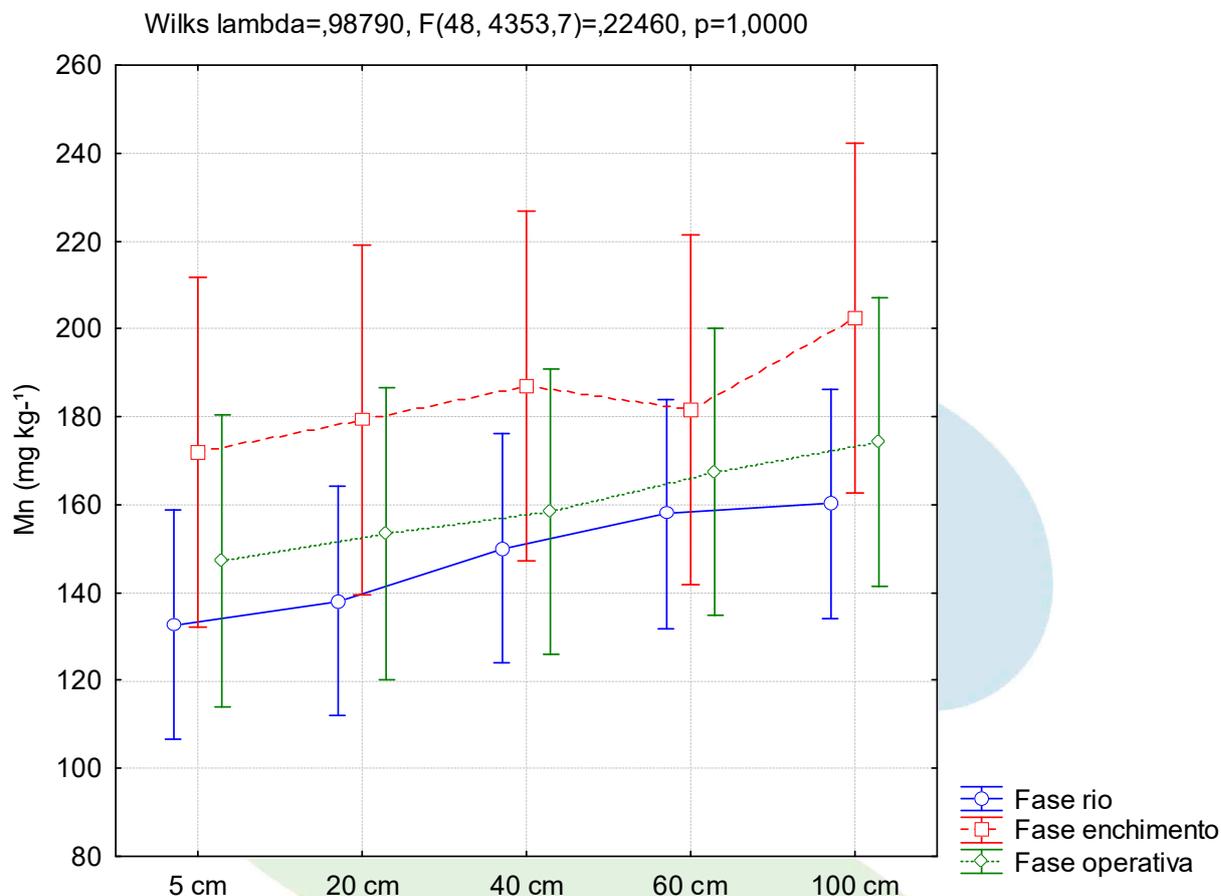


Figura 2-59 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) em amostras de solo, coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100) para cada fase do empreendimento (rio, enchimento e operativa).

A variabilidade encontrada entre os perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2015 para as concentrações de níquel (Ni) no solo não mostrou-se significativa às diferenças entre as médias, sendo mais elevadas no perfil de 100 cm. Além disso, pode-se inferir que as concentrações de Ni aumentam gradativamente ao longo dos perfis evidenciando um processo natural do estoque deste metal no solo, conforme pode ser observado na **Figura 2-60**. A variação entre as concentrações médias de Ni entre os fatores perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) *versus* períodos hidrológicos (enchente e vazante de 2010 a 2016) está representada no gráfico da análise de variâncias multivariadas (**Figura 2-61**). O período de enchente apresentou concentrações médias de Ni um pouco maiores quando

comparado ao período de vazante. A variação entre as concentrações médias de Ni entre os fatores perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) *versus* fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa) está representada no gráfico da análise de variâncias multivariadas, não apresentando diferença significativa. A fase enchimento apresentou as maiores concentrações médias de Ni seguida da fase rio e operativa, evidenciando a heterogeneidade e a não existência de pontos de contaminação difusa (**Figura 2-62**).

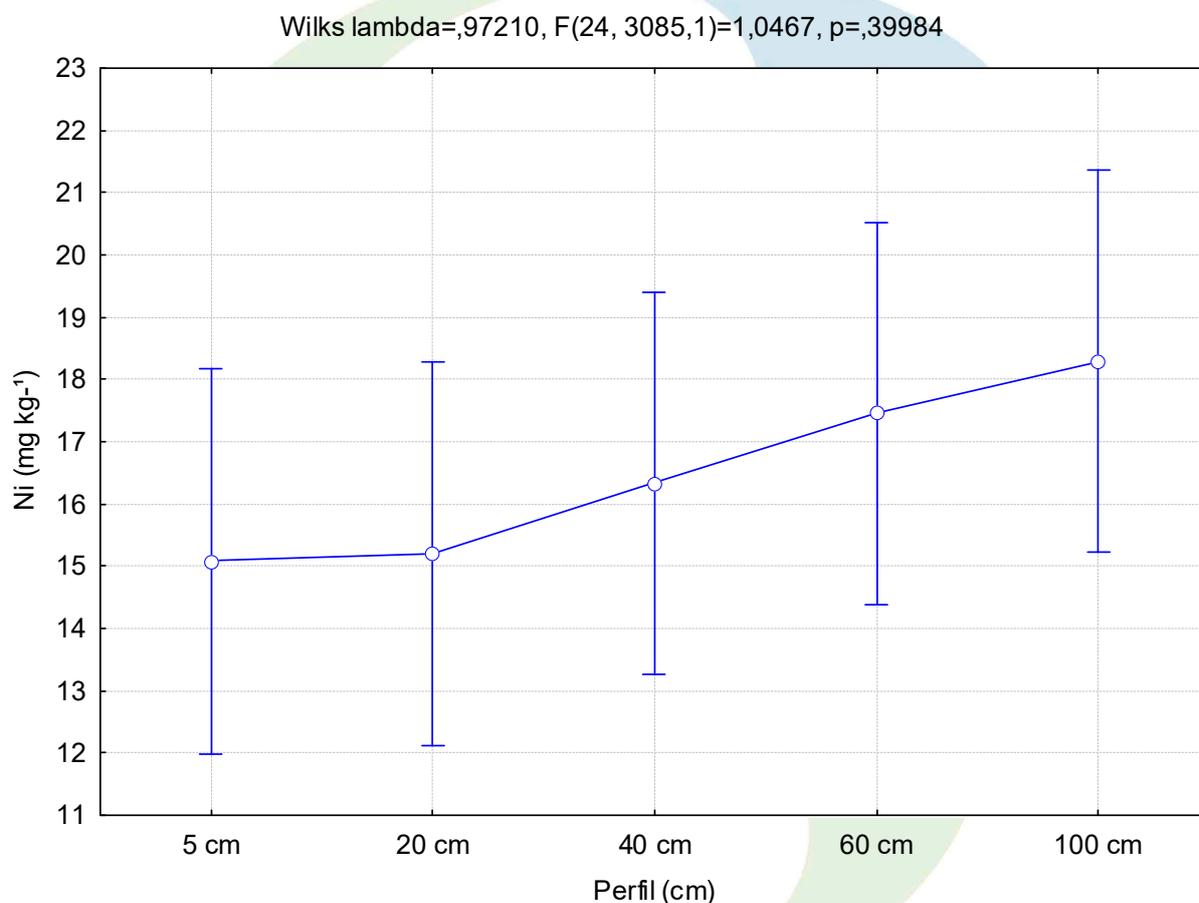


Figura 2-60 – Boxplot das concentrações de níquel (Ni) em amostras de solo, coletadas em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100), na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período hidrológico de enchente e vazante de 2010 a 2015.

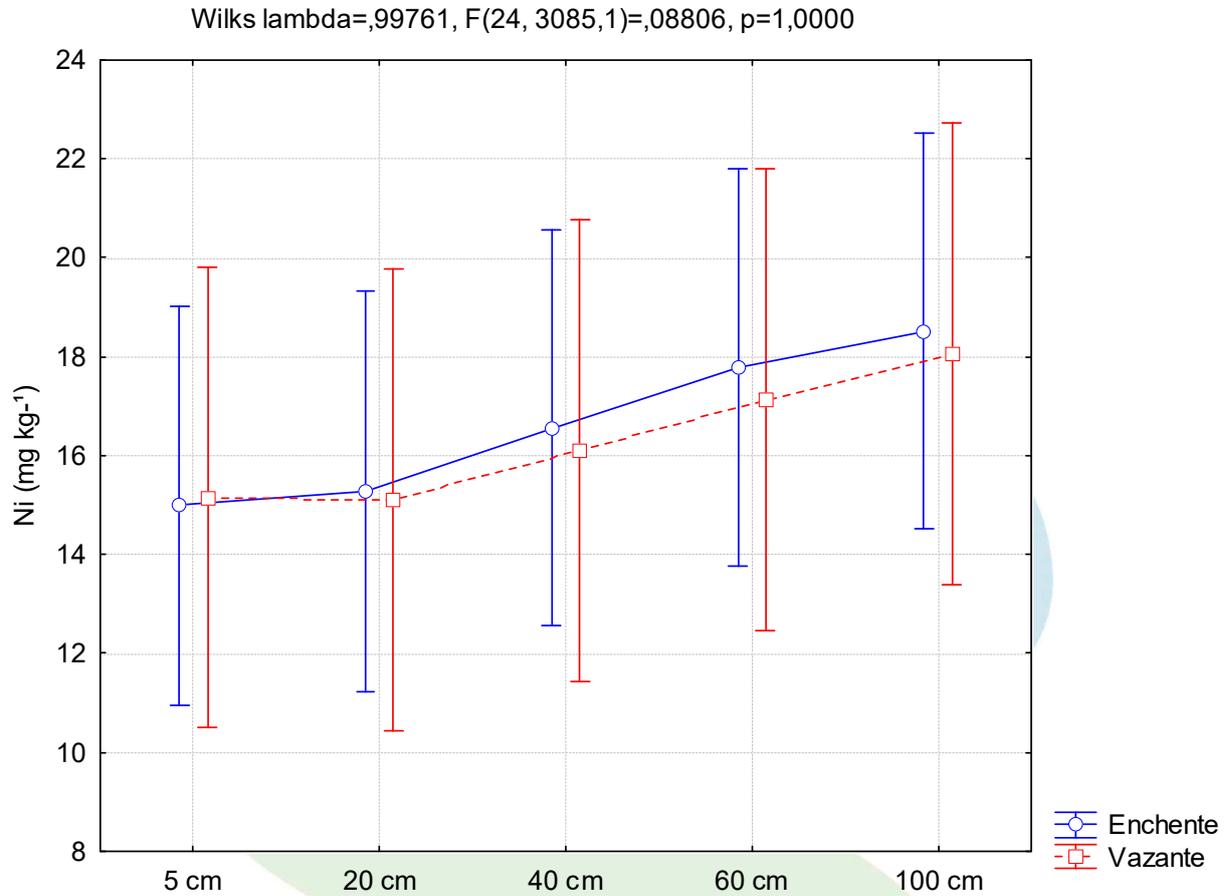


Figura 2-61 – Boxplot das concentrações de níquel (Ni) em amostras de solo, coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100) para cada período hidrológico (enchente e vazante).

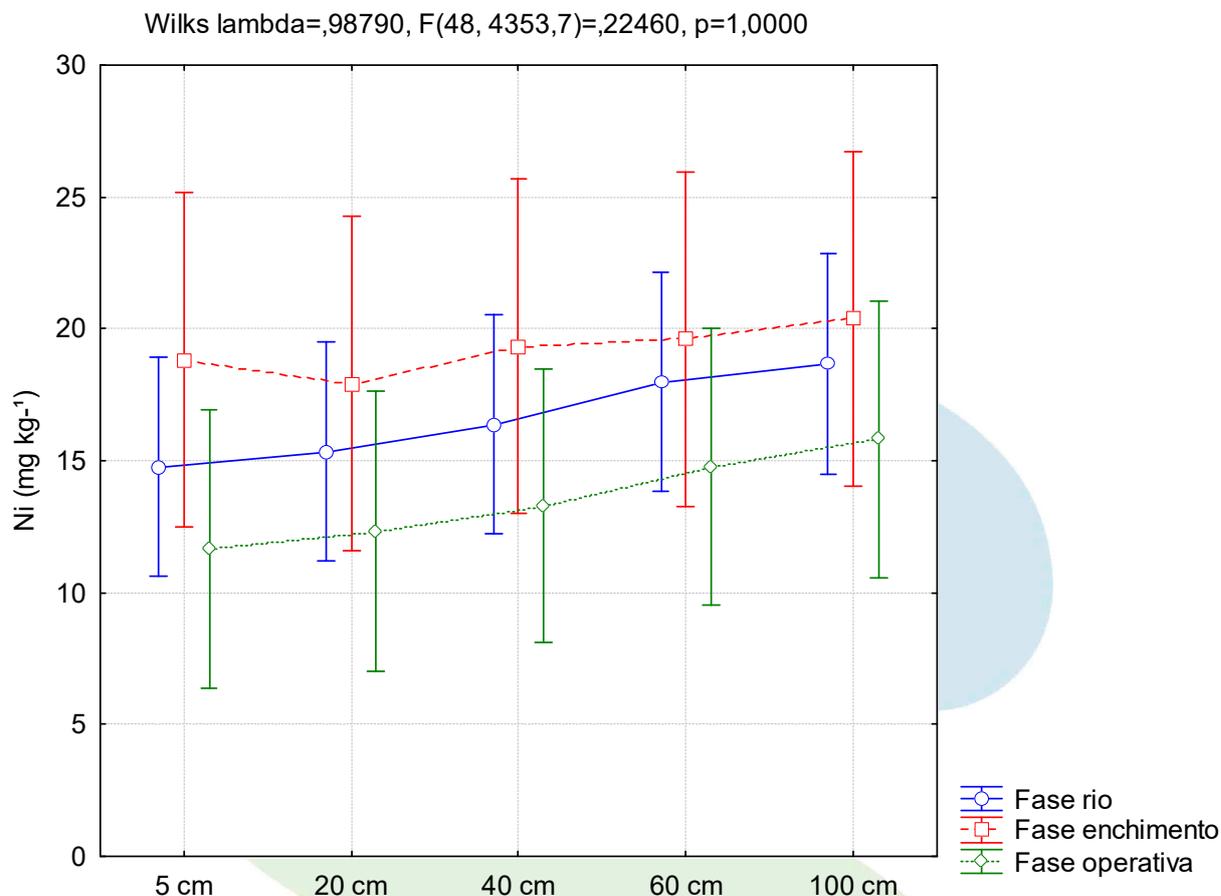


Figura 2-62 – Boxplot das concentrações de níquel (Ni) em amostras de solo, coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100) para cada fase do empreendimento (rio, enchimento e operativa).

A variabilidade encontrada entre os perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2015 para as concentrações de chumbo (Pb) no solo não mostrou-se significativa às diferenças entre as médias, sendo mais elevadas no perfil de 100 cm. Além disso, pode-se inferir que as concentrações de Pb aumentam gradativamente ao longo dos perfis evidenciando um processo natural do estoque deste metal no solo, conforme pode ser observado na **Figura 2-63**. A variação entre as concentrações médias de Pb entre os fatores perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) *versus* períodos hidrológicos (enchente e vazante de 2010 a 2016) está representada no gráfico da análise de variâncias multivariadas (**Figura 2-64**). O período de vazante apresentou concentrações médias de Pb um pouco maiores quando

comparado ao período de enchente. A variação entre as concentrações médias de Pb entre os fatores perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) *versus* fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa) está representada no gráfico da análise de variâncias multivariadas, não apresentando diferença significativa. A fase enchimento apresentou as maiores concentrações médias de Pb seguida da fase rio e operativa, evidenciando a heterogeneidade e a não existência de pontos de contaminação difusa (**Figura 2-65**).

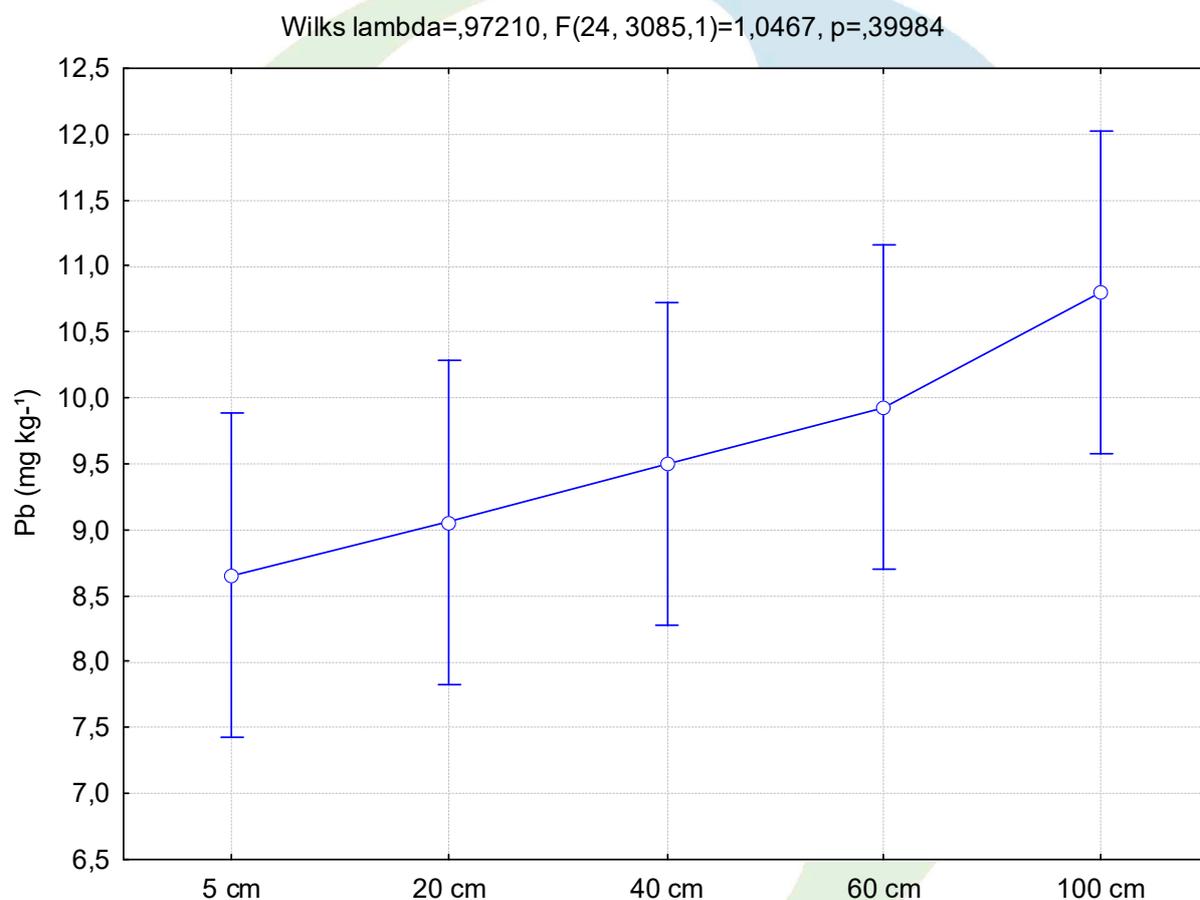


Figura 2-63 – Boxplot das concentrações de chumbo (Pb) em amostras de solo, coletadas em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100), na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período hidrológico de enchente e vazante de 2010 a 2015.

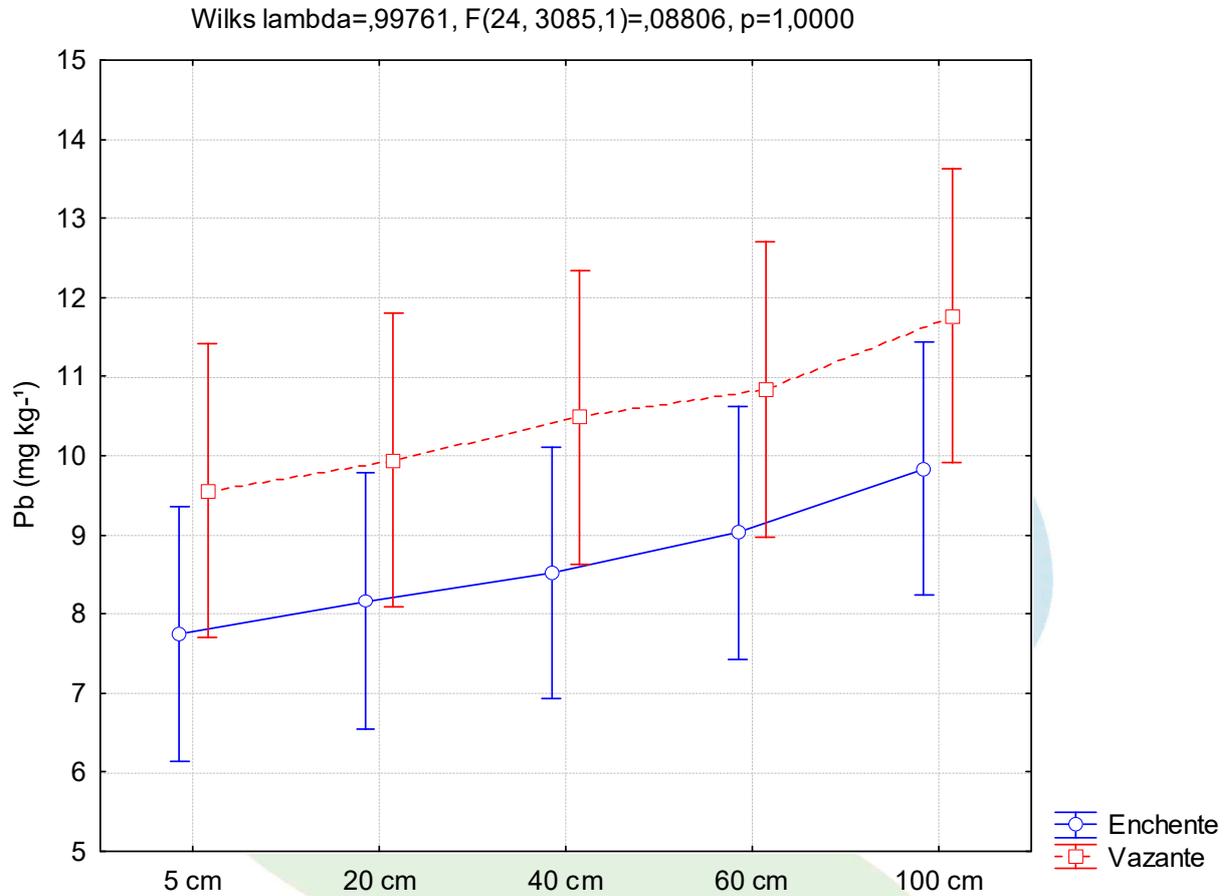


Figura 2-64 – Boxplot das concentrações de chumbo (Pb) em amostras de solo, coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100) para cada período hidrológico (enchente e vazante).

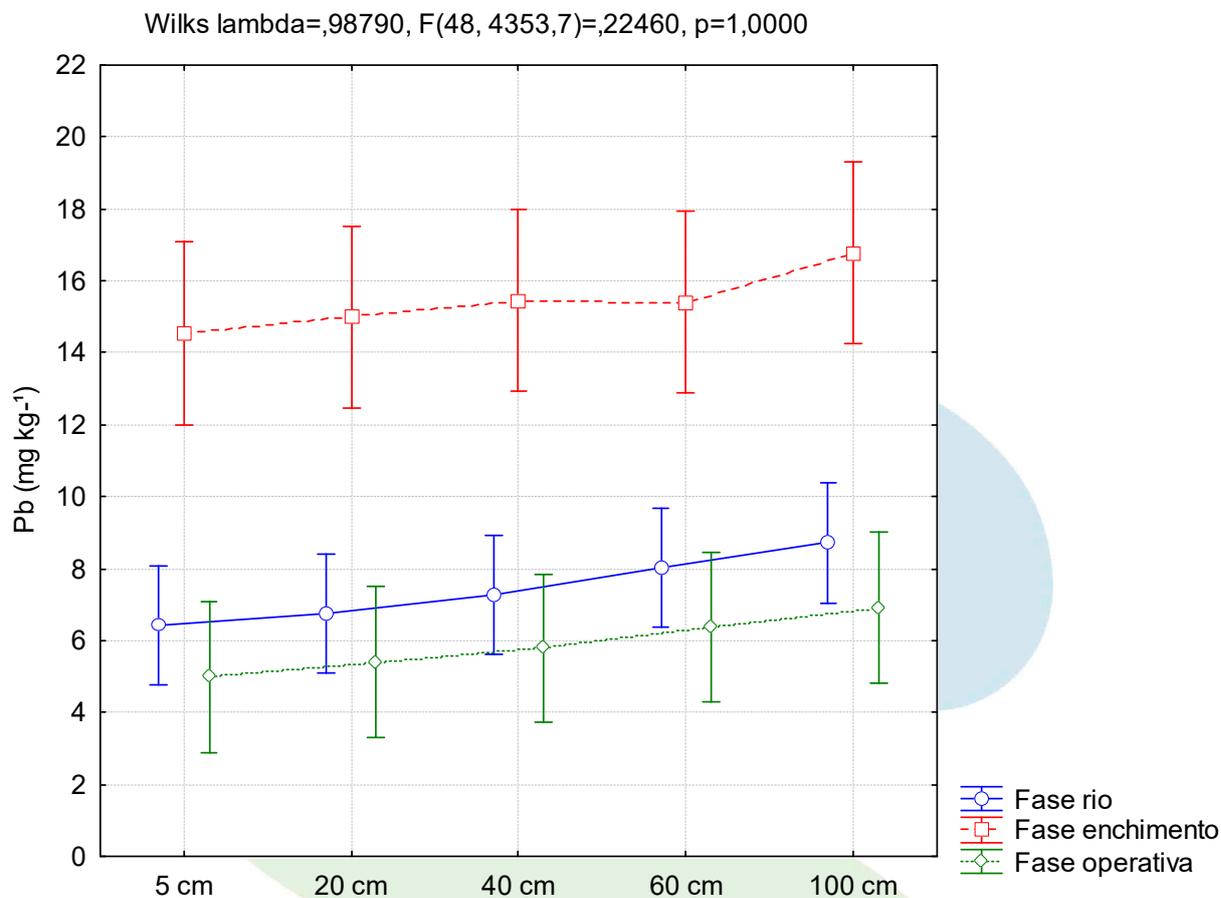


Figura 2-65 – Boxplot das concentrações de chumbo (Pb) em amostras de solo, coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100) para cada fase do empreendimento (rio, enchimento e operativa).

A variabilidade encontrada entre os perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2015 para as concentrações de zinco (Zn) no solo não mostrou-se significativa às diferenças entre as médias, sendo mais elevadas no perfil de 100 cm. Além disso, pode-se inferir que as concentrações de Zn aumentam gradativamente ao longo dos perfis evidenciando um processo natural do estoque deste metal no solo, conforme pode ser observado na **Figura 2-66**. A variação entre as concentrações médias de Zn entre os fatores perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) *versus* períodos hidrológicos (enchente e vazante de 2010 a 2016) está representada no gráfico da análise de variâncias multivariadas (**Figura 2-67**). O período de vazante apresentou concentrações médias



de Zn um pouco maiores quando comparado ao período de enchente. A variação entre as concentrações médias de Zn entre os fatores perfis (5, 20, 40, 60 e 100 cm) e fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa) está representada no gráfico da análise de variâncias multivariadas, não apresentando diferença significativa. A fase enchimento apresentou as maiores concentrações médias de Zn seguida da fase rio e operativa, evidenciando a heterogeneidade e a não existência de pontos de contaminação difusa (**Figura 2-68**).

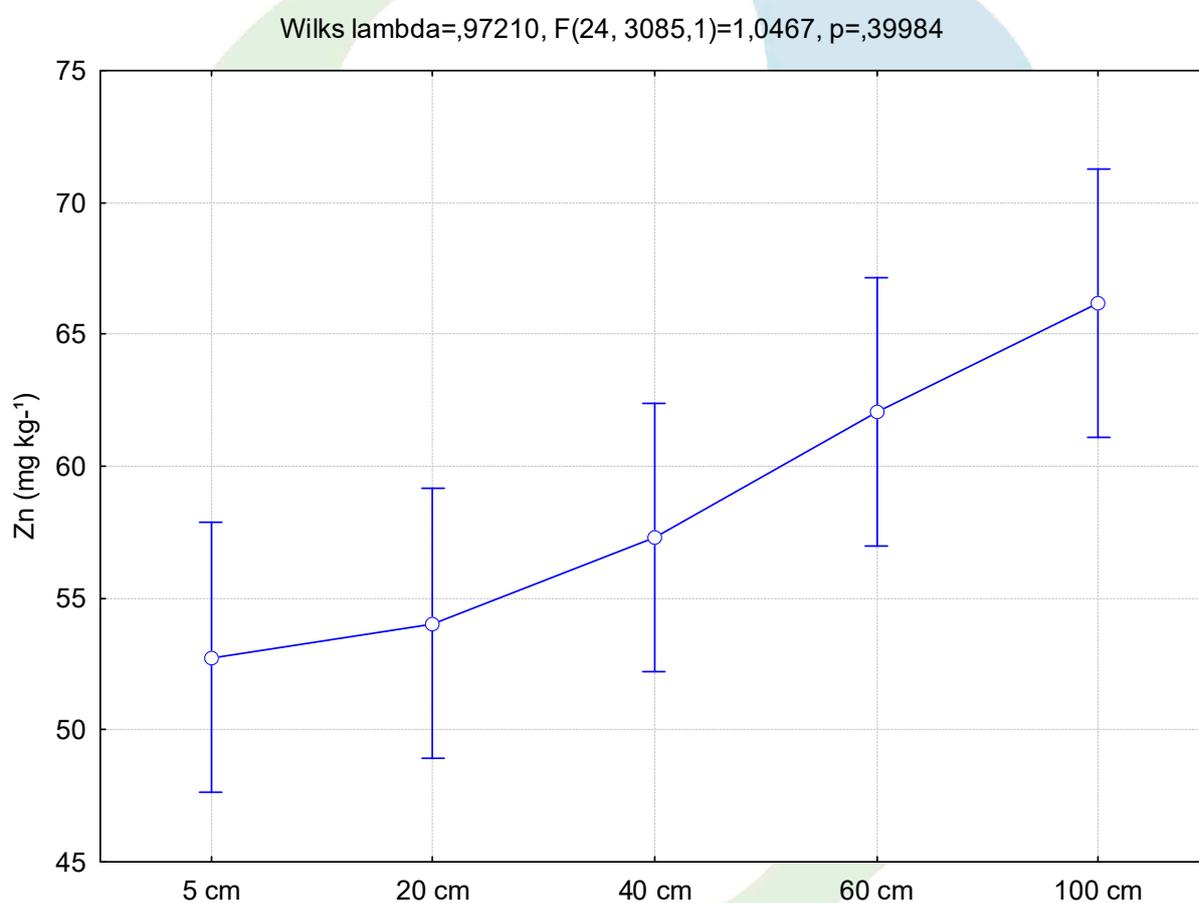


Figura 2-66 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) em amostras de solo, coletadas em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100), na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período hidrológico de enchente e vazante de 2010 a 2015.

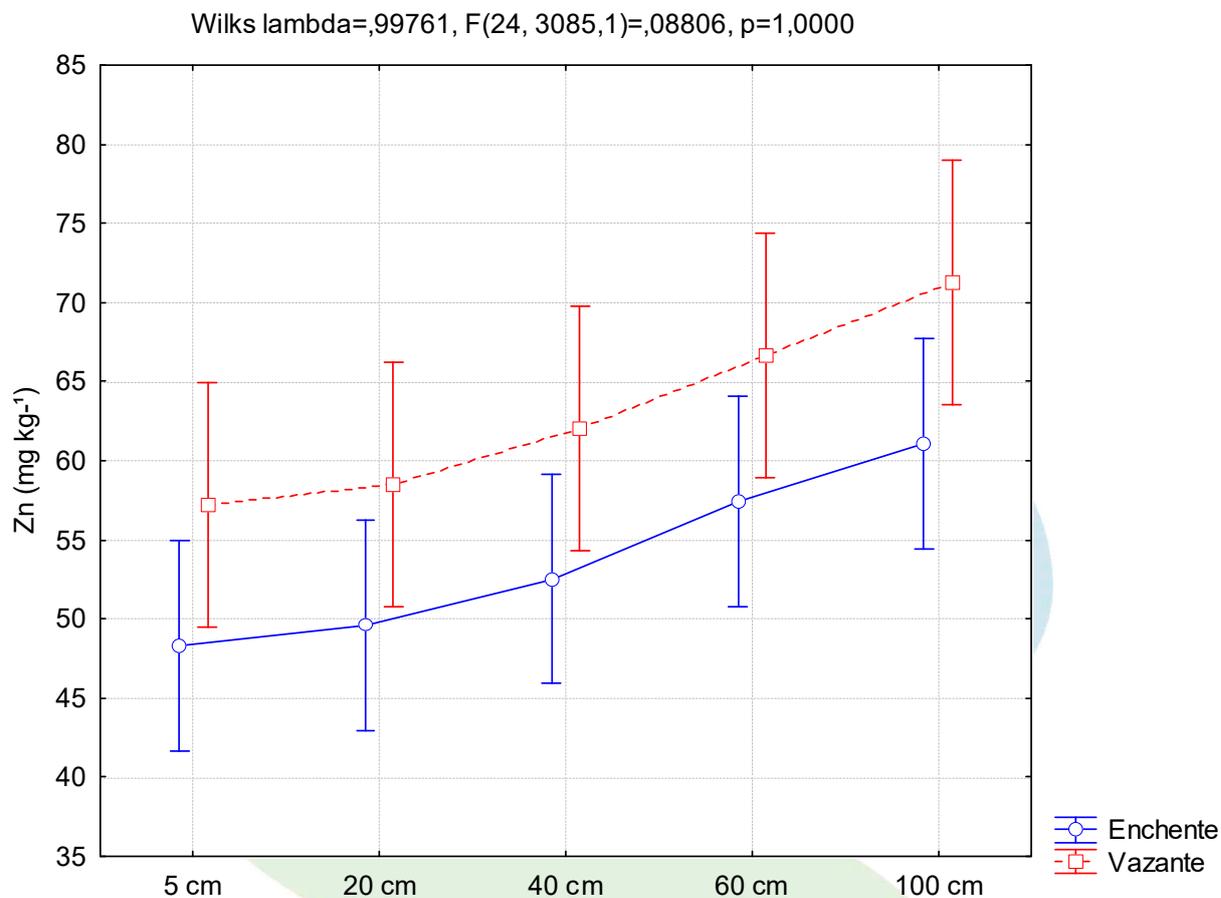


Figura 2-67 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) em amostras de solo, coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100) para cada período hidrológico (enchente e vazante).



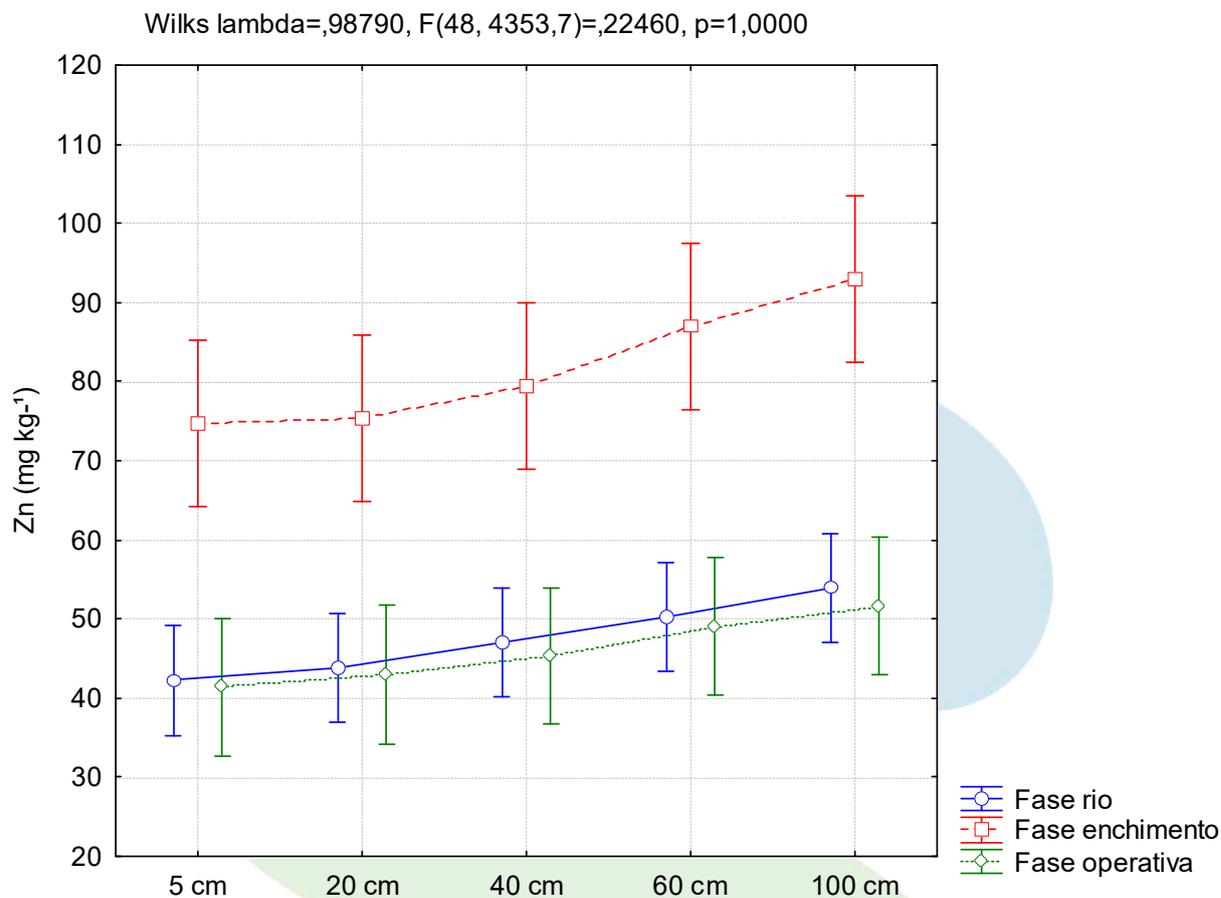


Figura 2-68 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) em amostras de solo, coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, em diferentes perfis (5, 20, 40, 60 e 100) para cada fase do empreendimento (rio, enchimento e operativa).

A análise de variância multivariada (ANOVA) foi aplicada para averiguar as hipóteses nulas e seus níveis de significância nas concentrações de cádmio (Cd), Crômio (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) apenas em amostras de solo coletadas em 5 cm de profundidade nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2016. A análise mostrou haver diferenças significativas para os períodos hidrológicos. O valor de alfa adotado para o nível de significância foi de 0,05 (5%) para o teste de Wilks. Portanto, a hipótese nula para este fator foi rejeitada, aceitando assim a hipótese alternativa, onde há existência de populações estatisticamente diferentes (**Quadro 2-27**).



Quadro 2-27 – Análise de Variâncias Multivariadas das concentrações de Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn em amostras de solo em 5 cm de profundidade nos períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2016.

	TESTE	VALOR	F	EFFECT	ERRO	<i>p</i>
Intercepto	Wilks	0,192064	117,0833	6	167,0000	0,00
Período hidrológico	Wilks	0,191244	4,5127	72	914,3826	0,00

A variabilidade encontrada entre o perfil de 5 cm e os períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2016 para as concentrações de cádmio (Cd), Crômio (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) no solo mostrou-se significativa às diferenças entre as médias, sendo mais elevadas no período hidrológico de enchente de 2010 para o Ni, vazante de 2013 para os elementos Cr, Mn e Pb e enchente de 2013 para o Cd e Zn, conforme apresentado nas **Figura 2-69, Figura 2-70, Figura 2-71, Figura 2-72, Figura 2-73 e Figura 2-74.**

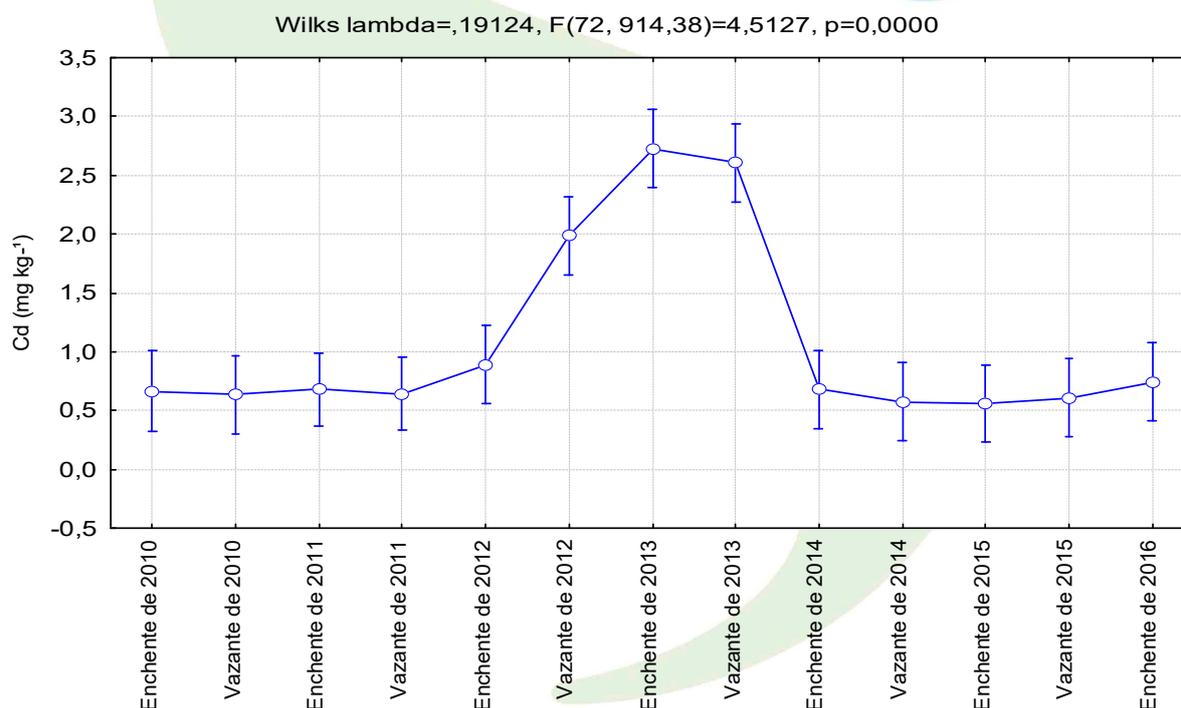


Figura 2-69 – Boxplot das concentrações de cádmio (Cd) em amostras de solo em 05 (cinco) cm de profundidade, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2016.





Wilks lambda=,19124, F(72, 914,38)=4,5127, p=0,0000

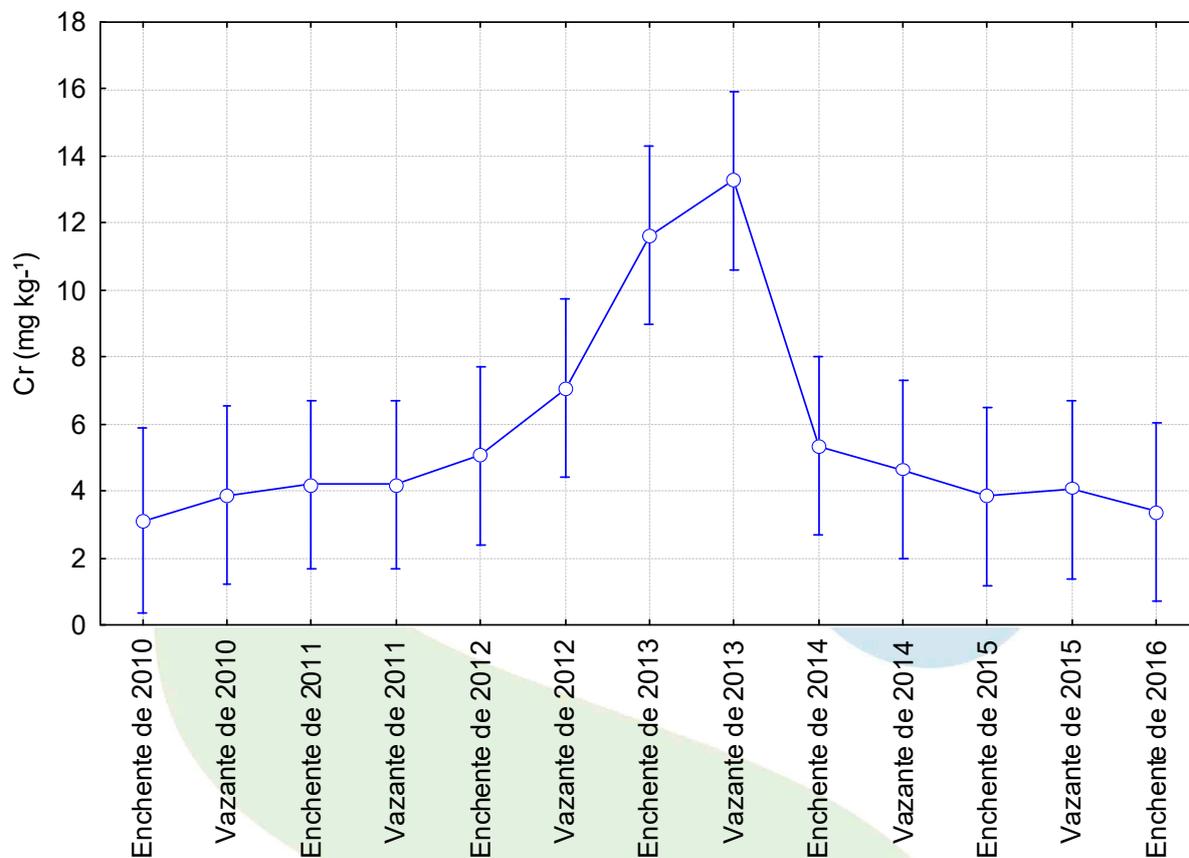


Figura 2-70 – Boxplot das concentrações de Crômio (Cr) em amostras de solo em 05 (cinco) cm de profundidade, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2016.



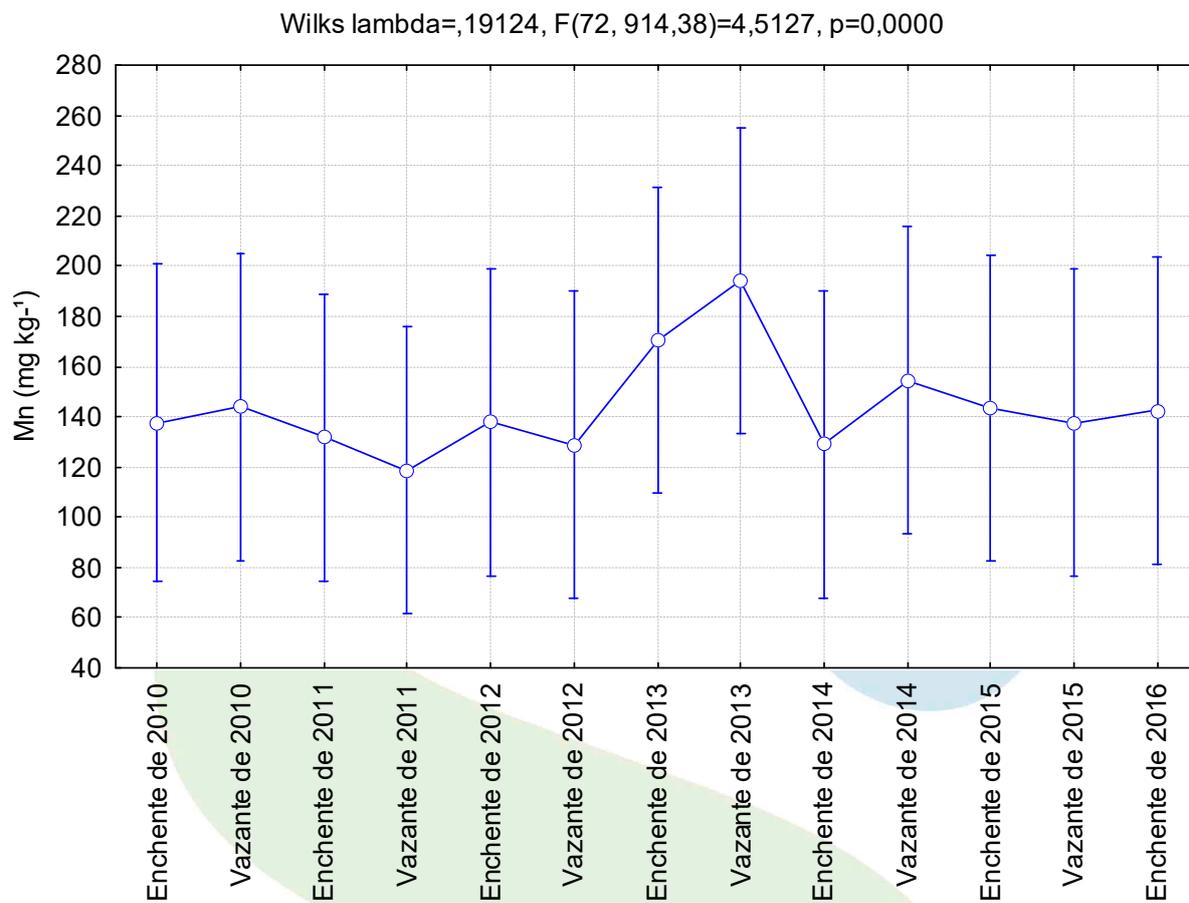


Figura 2-71 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) em amostras de solo em 05 (cinco) cm de profundidade, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2016.



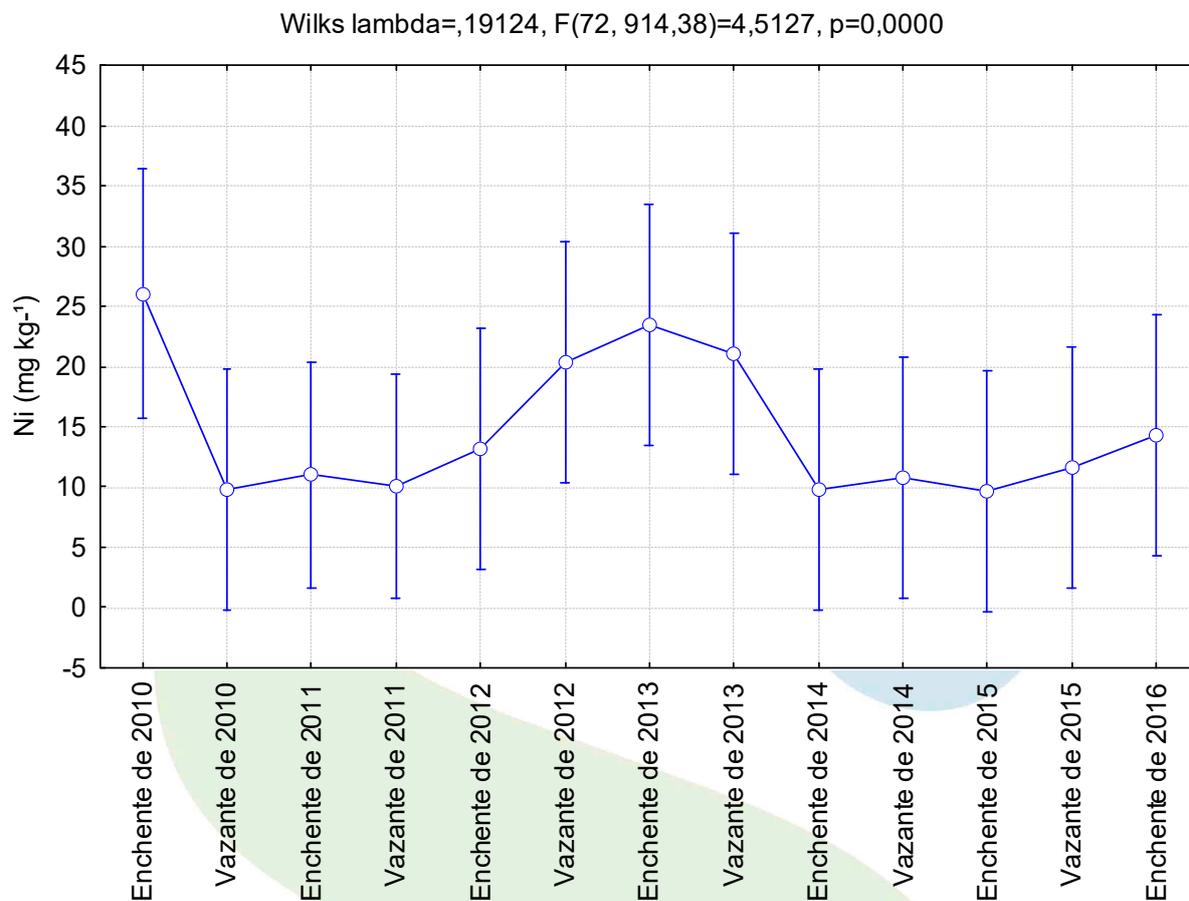


Figura 2-72 – Boxplot das concentrações de níquel (Ni) em amostras de solo em 05 (cinco) cm de profundidade, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2016.



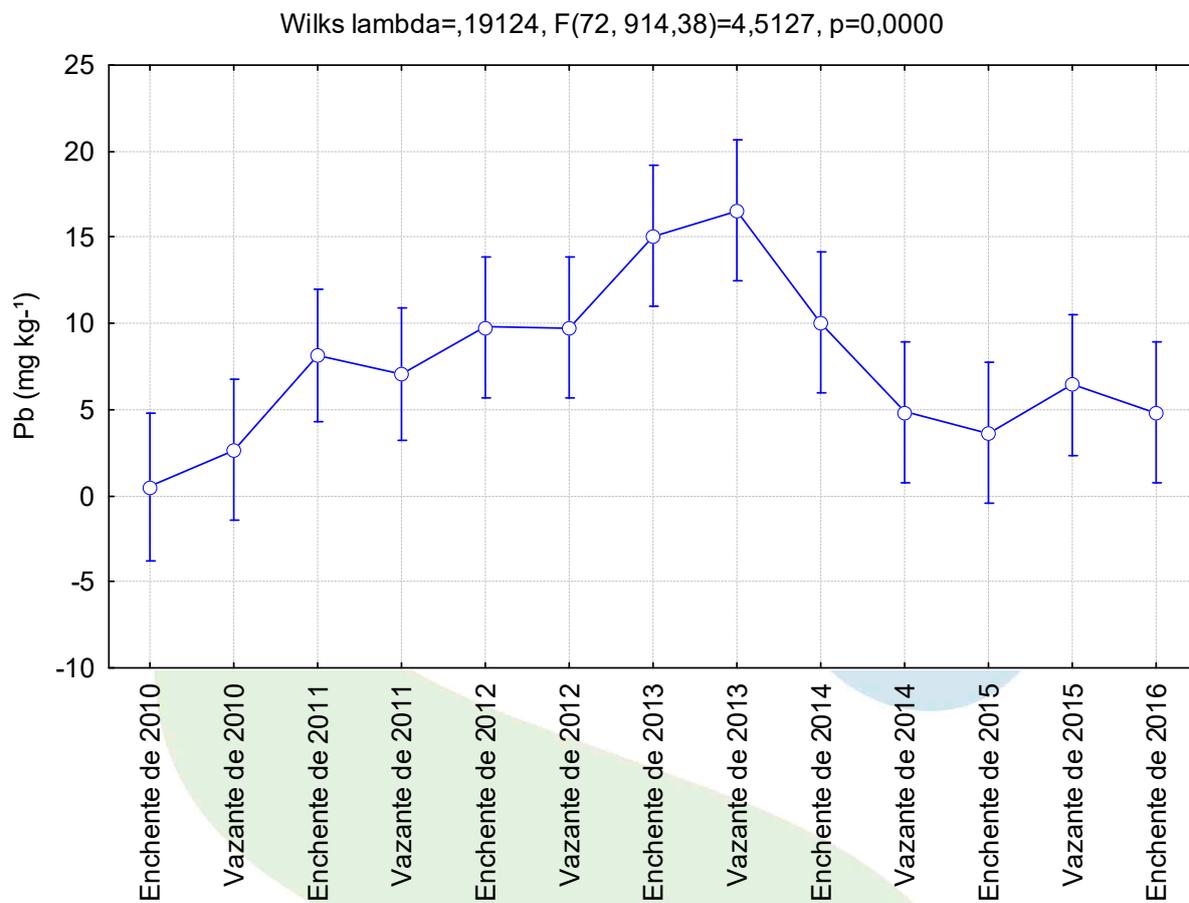


Figura 2-73 – Boxplot das concentrações de chumbo (Pb) em amostras de solo em 05 (cinco) cm de profundidade, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2016.



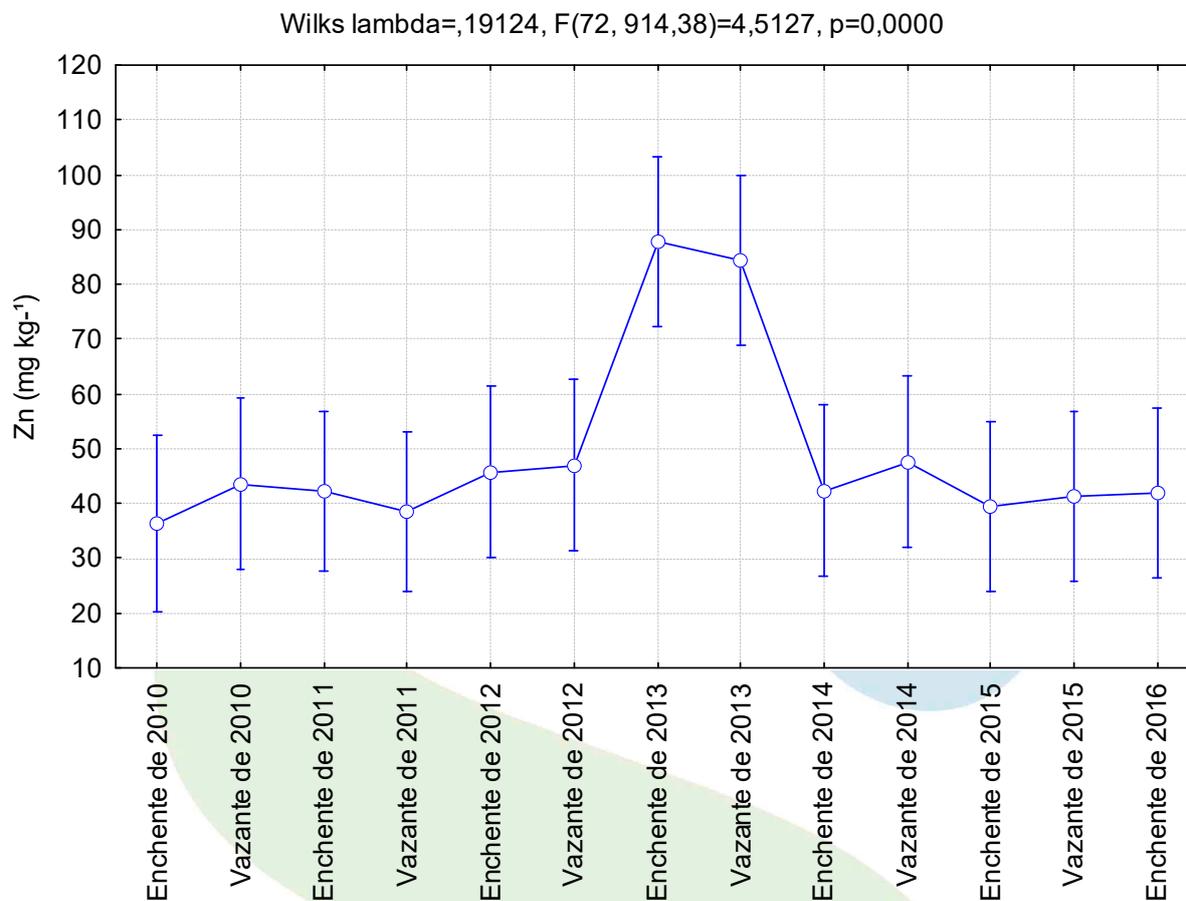


Figura 2-74 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) em amostras de solo em 05 (cinco) cm de profundidade, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, períodos hidrológicos de enchente e vazante de 2010 a 2016.

O **Quadro 2-28** apresenta as médias das concentrações do Cr, Mn, Ni, Pb e Zn e seus desvios padrões em amostras de sedimento, para as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos períodos hidrológicos (seca de 2010 a enchente de 2016) e fator períodos versus fator estações. As concentrações de arsênio (As), cádmio (Cd) e selênio (Se) nas amostras de sedimento na calha do rio Madeira e nos tributários foram menores que 0,01 mg kg⁻¹, dessa forma esses elementos não foram incluídos nas análises a seguir.





Quadro 2-28 – Concentrações médias e desvios padrões dos elementos Cr, Mn, Ni, Pb e Zn (mg kg^{-1}), em amostras de sedimento, dispostas por fase do empreendimento (rio, enchimento e operativa), por períodos hidrológicos (vazante, seca, enchente, cheia de 2010 a 2016), e fases versus períodos.

NÍVEL	NÍVEL	NÍVEL	N	Cr		Mn		Ni		Pb		Zn	
				MÉ-DIA	DP	MÉ-DIA	DP	MÉ-DIA	DP	MÉ-DIA	DP	MÉ-DIA	DP
Total			1013	12,02	8,4	136,53	68,51	15,38	8,81	4,99	2,95	56,12	39,47
Fase	Rio		395	6,06	2,8	120,59	61,18	10,48	6,23	3,61	2,75	24,83	16,51
Fase	Enchimento		304	15,40	9,2	126,10	64,81	20,01	10,27	5,75	3,41	74,06	43,51
Fase	Operativa		314	15,52	8,1	164,74	71,34	16,80	6,87	5,67	2,03	77,11	29,34
Período	Seca		275	11,39	7,5	115,84	47,13	13,46	8,21	5,17	2,65	53,67	33,41
Período	Enchente		279	12,80	10,3	140,63	66,60	15,71	9,26	5,36	3,47	61,24	44,07
Período	Cheia		231	11,65	6,98	163,93	92,57	16,14	8,95	4,79	2,62	52,73	39,79
Período	Vazante		231	12,15	8,0	126,03	49,52	16,45	8,52	4,61	2,94	56,40	39,69
Fase* Período	Rio	Seca	98	5,25	1,99	108,49	51,14	7,15	4,20	4,99	3,15	26,50	15,18
Fase* Período	Rio	Enchente	99	4,66	2,6	138,42	80,51	10,23	6,91	1,88	2,36	25,25	21,39
Fase* Período	Rio	Cheia	99	7,01	2,5	123,16	59,64	12,92	7,12	3,89	2,29	22,33	15,46
Fase* Período	Rio	Vazante	99	7,56	2,8	108,58	39,29	11,23	4,49	3,54	2,55	25,30	13,07
Fase* Período	Enchimento	Seca	87	14,93	7,6	102,47	43,14	17,66	9,95	5,23	3,15	69,01	38,40



Quadro 2-28 – Concentrações médias e desvios padrões dos elementos Cr, Mn, Ni, Pb e Zn (mg kg^{-1}), em amostras de sedimento, dispostas por fase do empreendimento (rio, enchimento e operativa), por períodos hidrológicos (vazante, seca, enchente, cheia de 2010 a 2016), e fases versus períodos – Continuação.

NÍVEL	NÍVEL	NÍVEL	N	Cr		Mn		Ni		Pb		Zn	
				MÉDI A	DP	MÉDI A	DP	MÉDI A	DP	MÉDI A	DP	MÉDI A	DP
Fase* Período	Enchime nto	Enchen te	8 7	18,96	11, 4	129,3 4	56,7 4	22,09	9,74	7,24	3,6 8	86,88	48,2 1
Fase*Perío do	Enchime nto	Cheia	8 7	14,74	8,3	158,4 3	81,9 4	20,60	10,1 0	5,48	2,8 0	79,99	43,9 7
Fase*Perío do	Enchime nto	Vazant e	4 3	10,61	6,0 7	101,9 8	47,0 1	19,71	11,5 1	4,58	3,7 2	46,37	25,8 5
Fase*Perío do	Operativ a	Seca	9 0	14,53	7,0 8	134,0 6	42,2 5	15,37	5,12	5,26	1,4 9	67,82	22,6 3
Fase*Perío do	Operativ a	Enchen te	9 0	15,50	8,6 3	153,9 1	56,7 3	15,88	7,17	6,11	1,7 6	73,65	31,6 4
Fase*Perío do	Operativ a	Cheia	4 5	12,70	4,9 4	263,3 5	98,8 2	14,53	6,35	5,32	2,3 8	66,24	14,7 9
Fase*Perío do	Operativ a	Vazant e	8 9	17,96	9,0 4	156,8 6	45,1 8	20,33	7,15	5,81	2,4 6	95,49	30,3 4

A análise de variância multivariada (ANOVA/MANOVA) ou Análise de Variância Multifatorial (**Quadro 2-29**) foi aplicada para averiguar as hipóteses nulas e seus níveis de significância das concentrações de Cr, Mn, Ni, Pb e Zn entre as fases do empreendimento, entre os períodos de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016 e entre estes fatores, permitindo checar a existência das diferenças entre as diferentes fases e períodos, caso as hipóteses nulas entre os níveis categóricos sejam rejeitadas. Esta análise mostrou haver diferenças significativas para todos os fatores. O valor de alfa adotado para o nível de significância foi de 0,05 (5%) para o teste de Wilks. Portanto, a hipótese nula para todos os

níveis categóricos foi rejeitada, aceitando assim a hipótese alternativa, onde se infere pela diferença das médias, indicando assim populações estatisticamente diferentes.

Quadro 2-29 – Análise de Variâncias Multivariada das concentrações de Cr, Mn, Ni, Pb e Zn (mg kg^{-1}), em amostras de sedimento, nas fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016) e fases versus períodos.

	TEST	VALUE	F	EFFECT	ERROR	<i>p</i>
Intercepto	Wilks	0,123583	1364,454	5	962,000	0,00
Fases do empreendimento	Wilks	0,510889	76,779	10	1924,000	0,00
Períodos hidrológicos	Wilks	0,582846	38,244	15	2656,060	0,00
Fases*Períodos	Wilks	0,458967	27,584	30	3850,000	0,00

O teste univariado mostra o nível de significância entre as interações dos elementos Cr, Mn, Ni, Pb e Zn com os níveis categóricos ou fatores (fases do empreendimento e períodos hidrológicos) e entre estes fatores (**Quadro 2-30**). A análise permite inferir que apenas Cr não apresentou diferença significativa em suas concentrações médias nas diferentes fases do empreendimento e o elemento Ni não apresentou diferenças significativas para o fator períodos hidrológicos. Todos os elementos apresentaram diferença significativa para o fator fases *versus* períodos.

Quadro 2-30 – Teste Univariado das concentrações de Cr, Mn, Ni, Pb e Zn (mg kg^{-1}), em amostras de sedimento, nas fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016) e fases versus períodos.

	GRA U	Cr		Mn		Ni		Pb		Zn	
		F	<i>p</i>	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>
Intercept	1	695,21 40	0,0000 00	4964,63 2	0,00	1312,68 4	0,0000 00	349,18 99	0,00	3253, 561	0,0000 00
Fases	2	0,0750	0,9277 20	86,988	0,00	17,901	0,0000 00	67,475 1	0,00	279,9 85	0,0000 00
Períodos	3	12,618 2	0,0000 00	52,921	0,00	1,897	0,1283 31	109,91 81	0,00	5,227	0,0013 93
Fases* Períodos	6	23,437 9	0,0000 00	15,527	0,00	5,896	0,0000 05	72,872 3	0,00	15,56 3	0,0000 00

Quadro 2-30 – Teste Univariado das concentrações de Cr, Mn, Ni, Pb e Zn (mg kg^{-1}), em amostras de sedimento, nas fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016) e fases versus períodos – Continuação.

	GRA U	Cr		Mn		Ni		Pb		Zn	
		F	<i>p</i>								
Erro	966										
Total	977										

As variabilidades nas concentrações dos elementos por período hidrológico estão ilustradas, por meio da análise gráfica do tipo boxplot, que traduz as diferenças significativas encontradas nas variâncias das concentrações dos elementos, entre os períodos hidrológicos de vazante, seca, enchente e cheia de 2010 a 2016. As maiores concentrações médias de Cr, Mn ocorreram na cheia, de Ni, Pb e Zn ocorreram na enchente (**Figura 2-75 e Figura 2-76**).

As concentrações dos elementos comparadas pelo nível categórico ou fator fases do empreendimento apresentaram diferença significativa, sendo maiores na fase operativa para o Cr, Mn e Zn e maiores na fase enchimento para o elemento Ni e maiores na fase rio para o elemento Pb (**Figura 2-77 e Figura 2-78**).

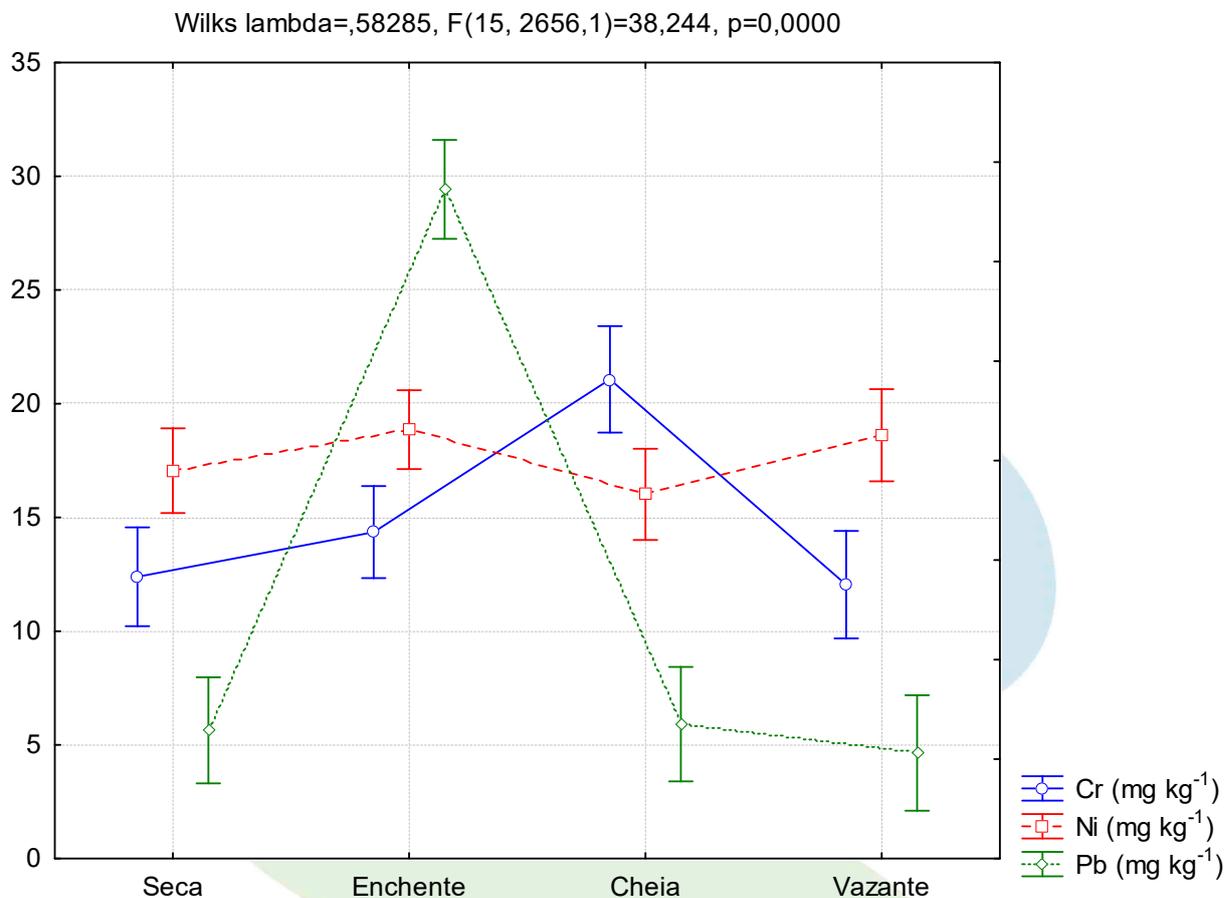


Figura 2-75 – Boxplot das concentrações de Cr, Ni e Pb em amostras de sedimento, por período hidrológico, coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.

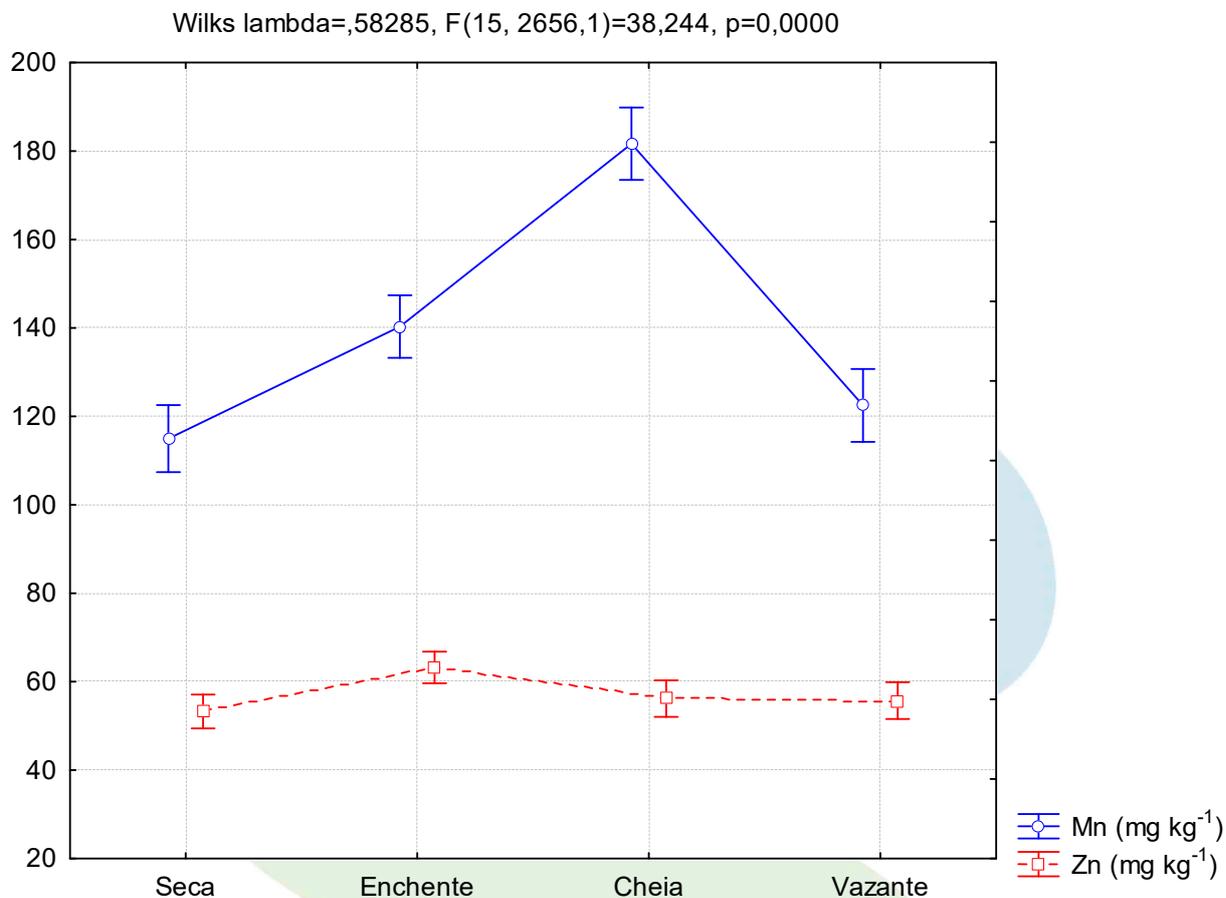


Figura 2-76 – Boxplot das concentrações de Mn e Zn em amostras de sedimento, por período hidrológico, coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.



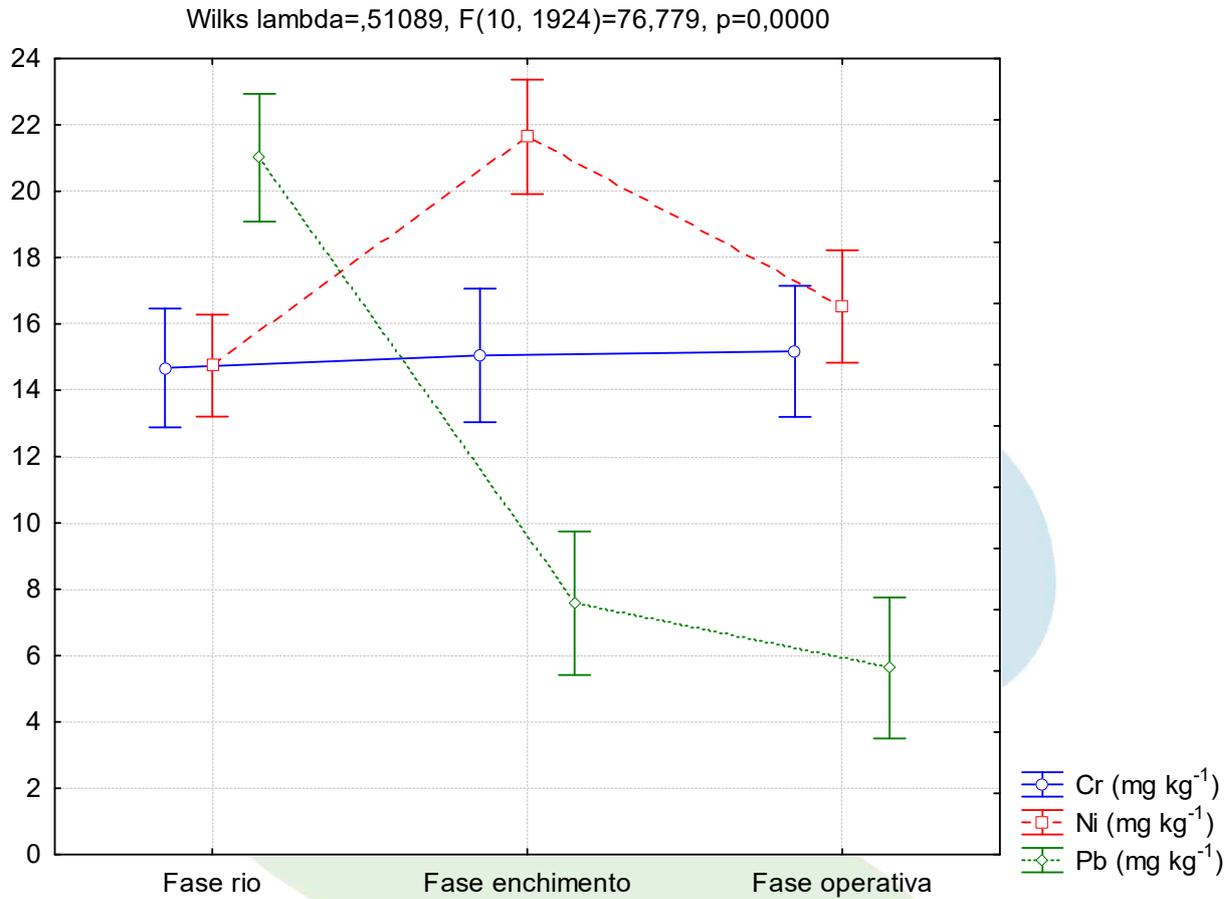


Figura 2-77 – Boxplot das concentrações de Cr, Ni e Pb em amostras de sedimento, por fases do empreendimento, coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.



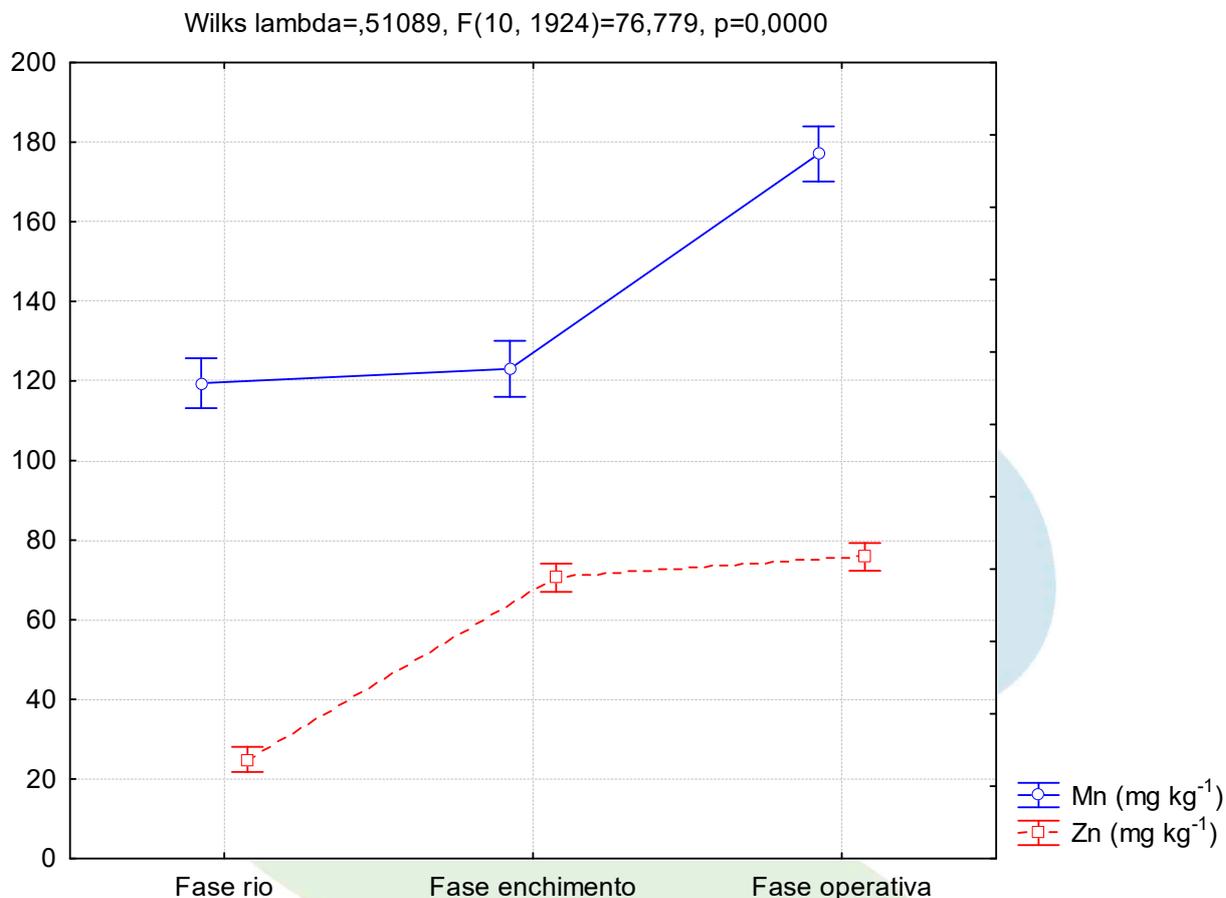


Figura 2-78 – Boxplot das concentrações de Mn e Zn em amostras de sedimento, por fases do empreendimento, coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.

As interações entre os níveis categóricos (fases e períodos hidrológicos) possibilitam a verificação da dinâmica fluvial desses elementos no tempo, sendo que na fase rio as maiores concentrações de Cr ocorreram na cheia, de Ni na seca e de Pb, Mn e Zn na enchente. Na fase enchimento as maiores concentrações de Cr, Ni, Pb e Zn ocorreram na enchente e as maiores concentrações de Mn ocorreram na cheia. Já na fase operativa as maiores concentrações de Cr, Ni e Zn ocorreram na vazante, de Pb na enchente e de Mn no período hidrológico de cheia, como ilustrado na **Figura 2-79** e **Figura 2-80**.

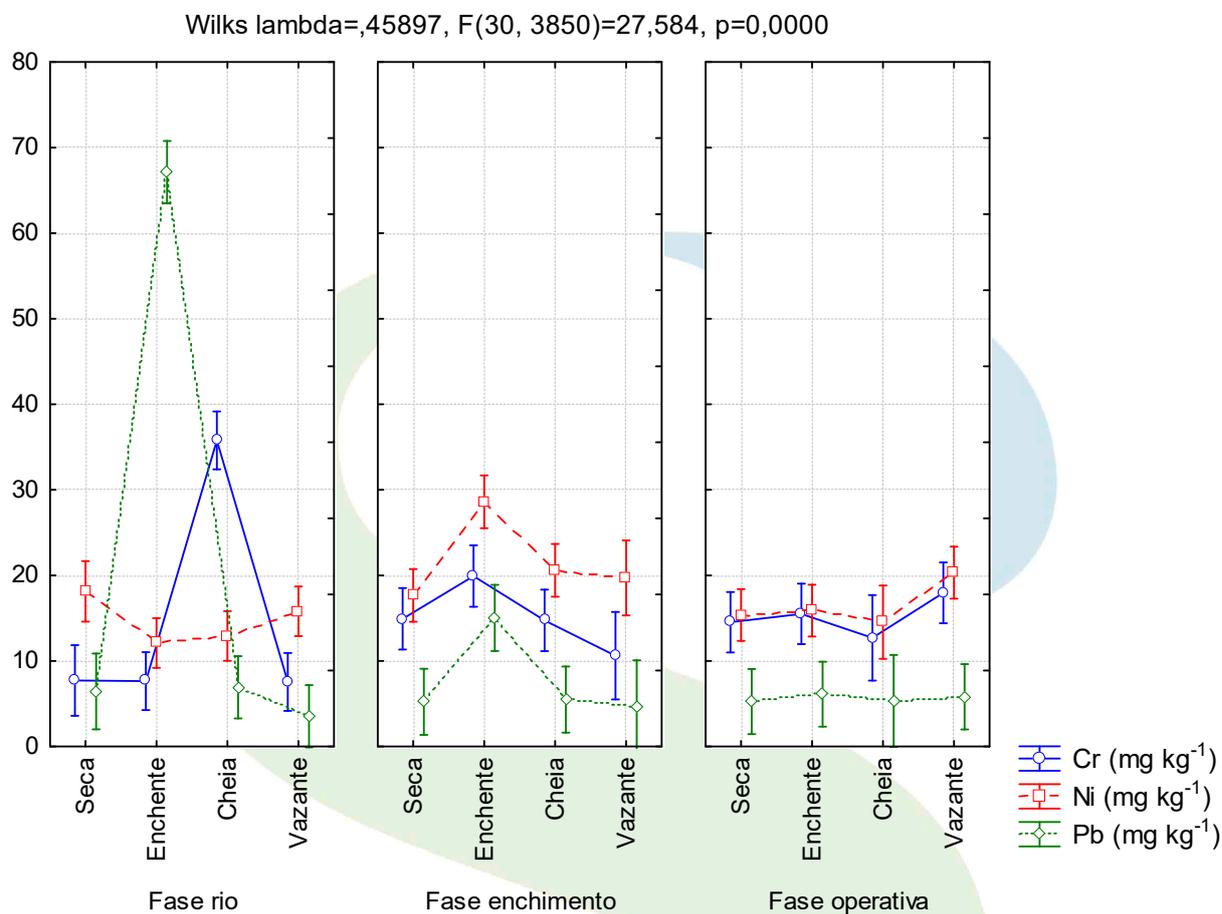


Figura 2-79 – Boxplot das concentrações de Cr, Ni e Pb em amostras de sedimento entre os fatores fases do empreendimento e período hidrológicos, coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.



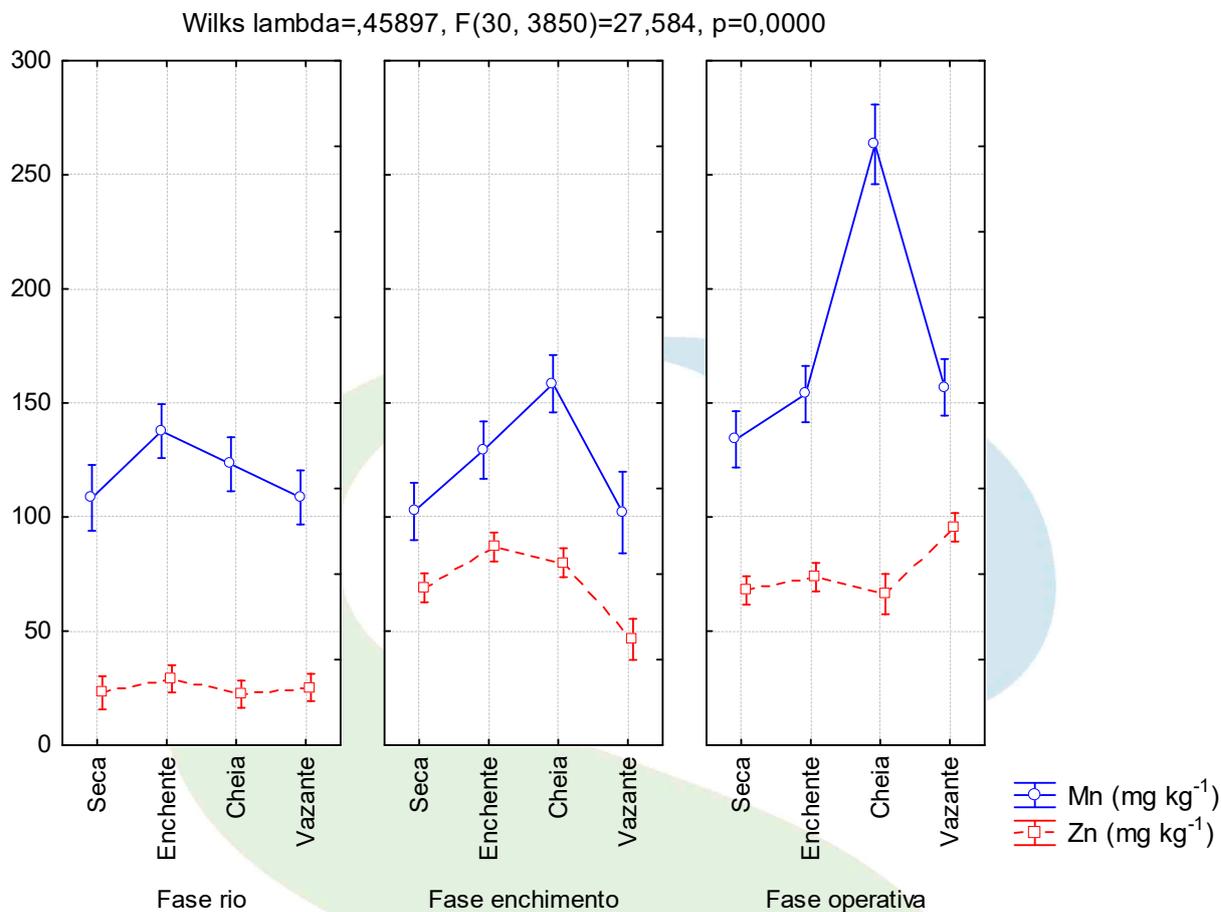


Figura 2-80 – Boxplot das concentrações de Mn e Zn em amostras de sedimento entre os fatores fases do empreendimento e período hidrológicos, coletadas no rio Madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.

Vários fatores ambientais e interações se modificam e influenciam os ciclos biogeoquímicos da bacia hidrográfica em estudo. Os elementos Cr, Mn, Ni, Pb e Zn analisados estão associados a três fontes principais que são rocha/solo autóctone; transporte aéreo; transporte hídrico que pode ser via erosão/lixiviação e ainda do degelo das geleiras dos Andes. A área da bacia hidrográfica do rio Madeira é bastante extensa sofrendo ainda impactos do desmatamento e queimadas das florestas tropicais, fontes antrópicas que, por sua vez, aumentam a entrada de elementos traço via cinzas. Neste sentido, o estudo da biogeoquímica associado aos testes estatísticos multifatoriais é essencial,

para o entendimento e elucidação das respostas funcionais desses elementos na estrutura e composição deste ecossistema ou ecossistemas envolvidos.

A análise de variância simples (ANOVA – Factorial) determinou as possíveis diferenças ou semelhanças dos fatores: fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), estações de amostragem (calha e tributários) e entre estes fatores. Sendo o valor de alfa adotado para o nível de significância foi de 0,05 (5%). Dessa forma, este teste mostrou haver diferenças significativas para todos os fatores, conforme apresentado no **Quadro 2-31**.

Quadro 2-31 – ANOVA das concentrações de Cr, Mn, Ni, Pb e Zn (mg kg^{-1}) em amostras de sedimento, entre todas as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), estações (calha e tributários) e fases versus estações.

	TESTE	VALUE	F	EFFECT DF	ERROR DF	p
Intercept	Wilks	0,125004	1355,152	5	968	0,000000
Fases do empreendimento	Wilks	0,497391	80,909	10	1936	0,000000
Estações de amostragem	Wilks	0,869459	29,067	5	968	0,000000
Fases do empreendimento*Estações	Wilks	0,956704	4,332	10	1936	0,000005

Considerando as diferenças estatisticamente significativas entre as estações (calha e tributários), na fase rio do empreendimento as concentrações de cromo (Cr) apresentaram maior mediana no igarapé Jirau (P17-JIR) e maior variação na área alagada do Mutum (P13-MUT) (**Figura 2-81**), as concentrações de manganês (Mn) apresentaram maior mediana no igarapé Simãozinho (P7-SIZ) e maior variação no igarapé Cotia (P12-COT) (**Figura 2-82**), as concentrações de níquel (Ni) apresentaram maior mediana no igarapé Simãozinho (P7-SIZ) e maior variação no igarapé São Lourenço (P15-LOU) (**Figura 2-83**), as concentrações de chumbo (Pb) apresentaram maior mediana no igarapé Simãozinho (P7-SIZ) e maior variação no igarapé São Lourenço (P15-LOU) (**Figura 2-84**), as concentrações de zinco (Zn) apresentaram maior mediana no igarapé Simãozinho (P7-SIZ) e maior variação no igarapé Castanho (P10-CAS) (**Figura 2-85**).

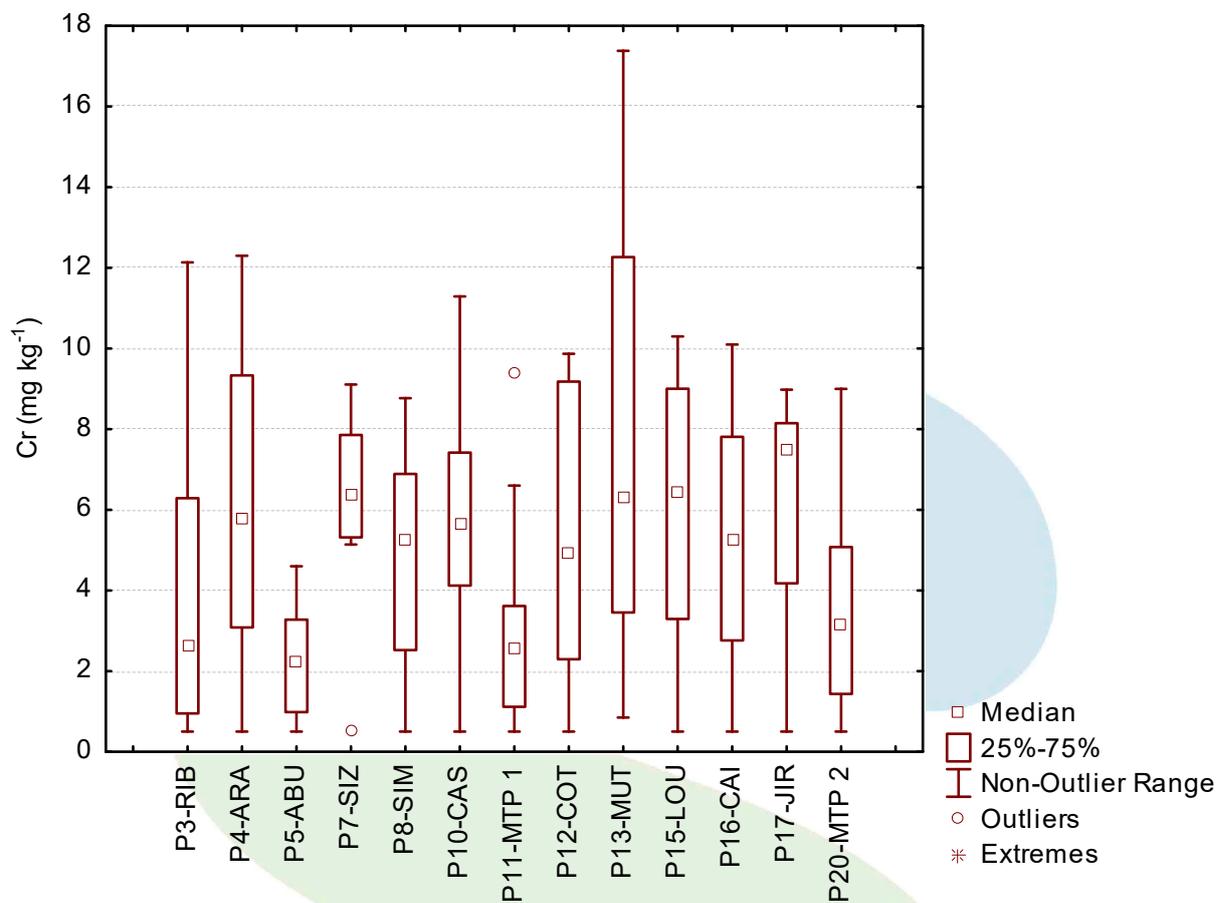


Figura 2-81 – Boxplot das concentrações de crômio (Cr) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase rio do empreendimento.



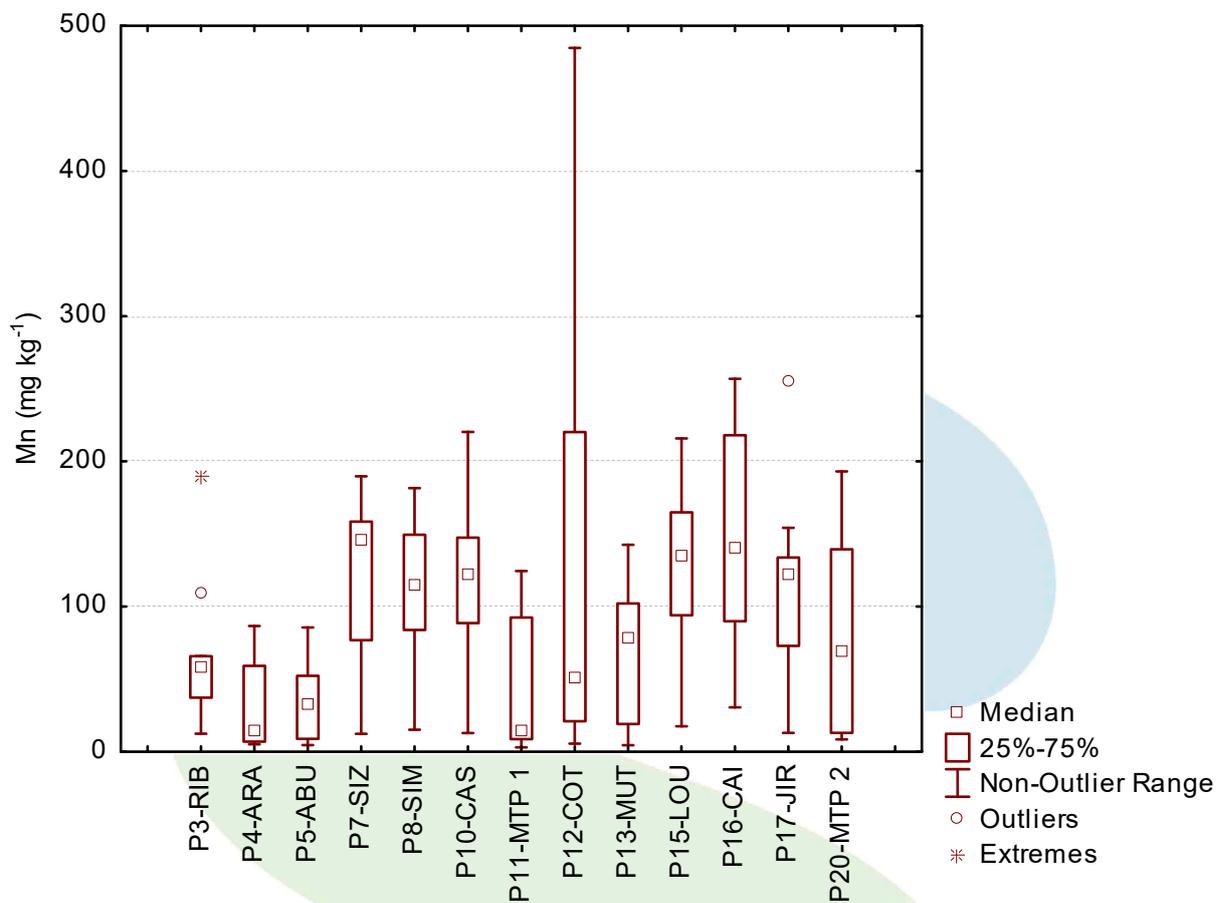


Figura 2-82 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase rio do empreendimento.



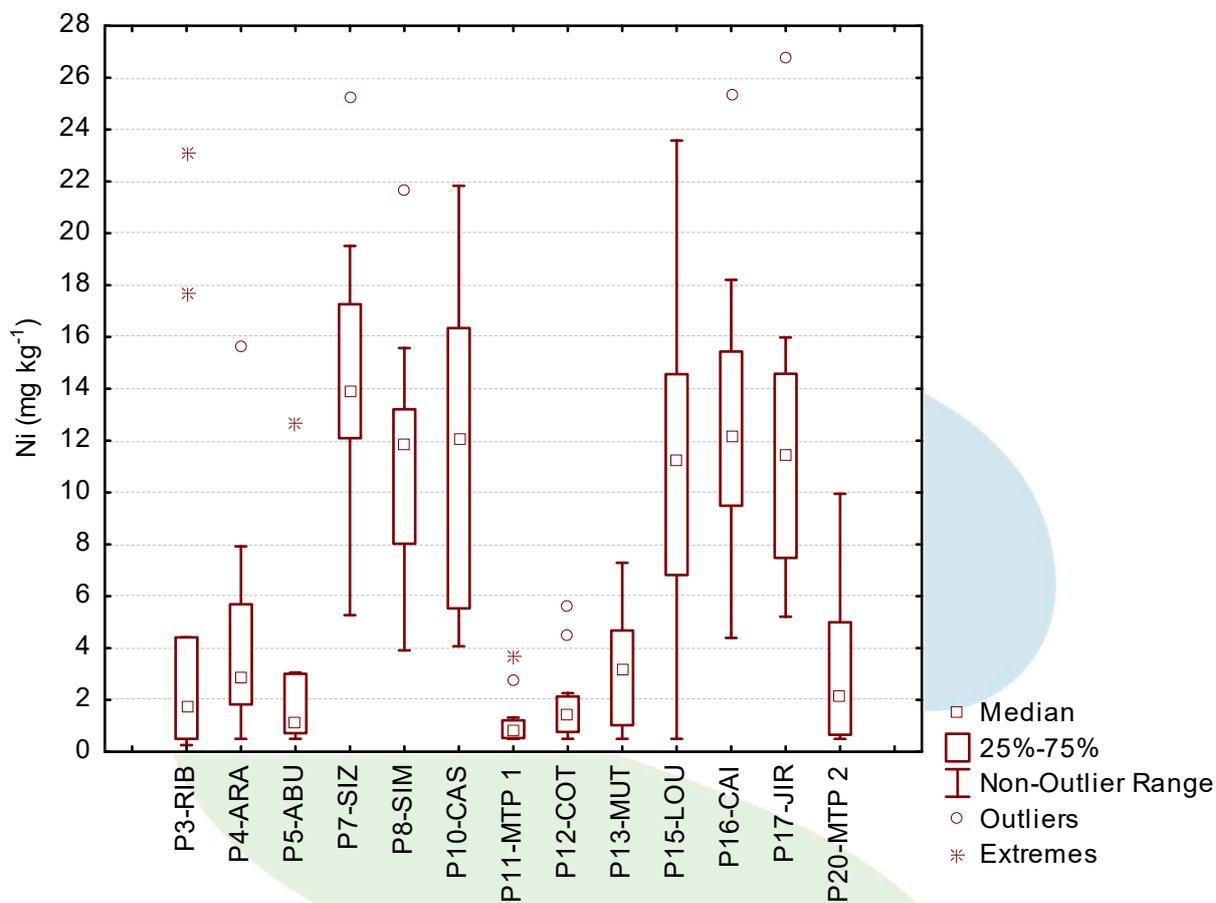


Figura 2-83 – Boxplot das concentrações de níquel (Ni) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase rio do empreendimento.



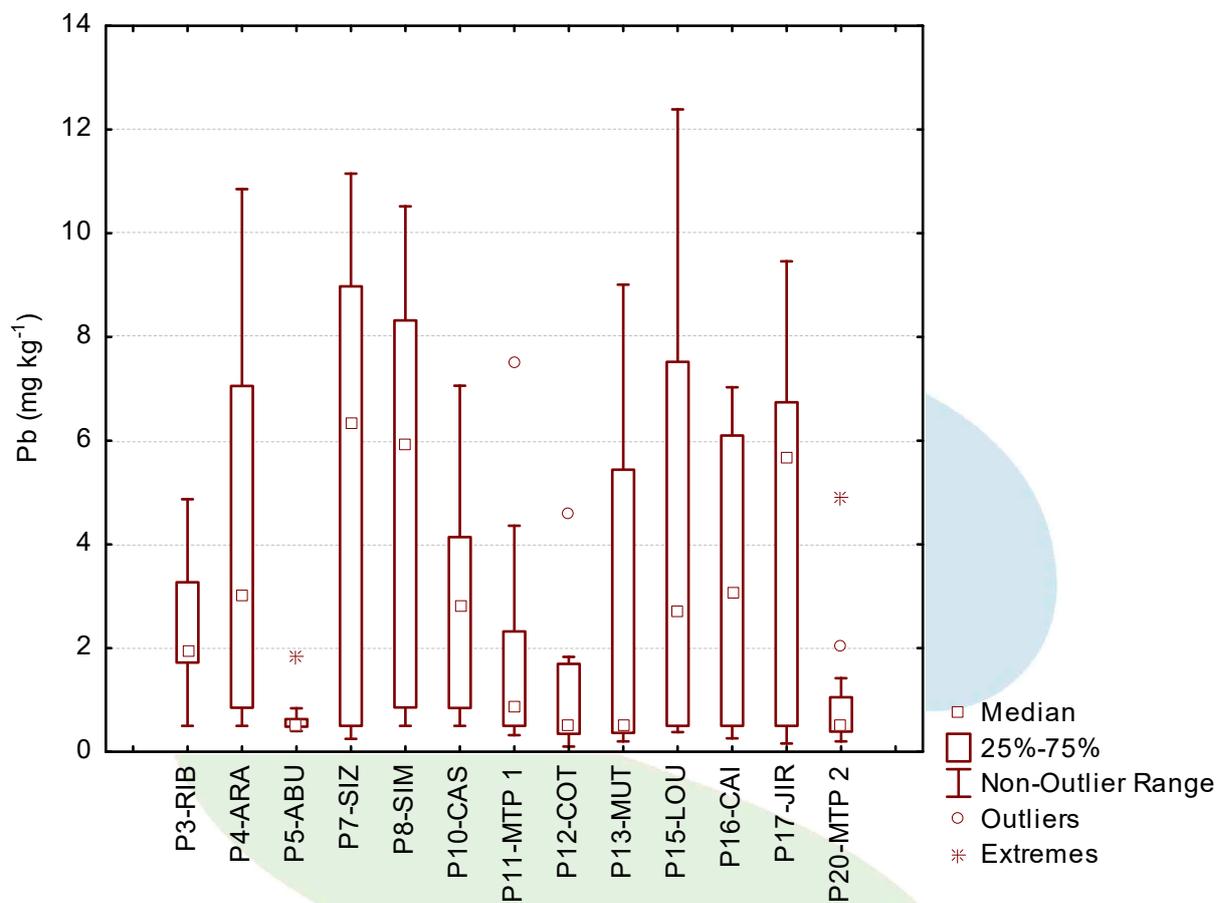


Figura 2-84 – Boxplot das concentrações de chumbo (Pb) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase rio do empreendimento.



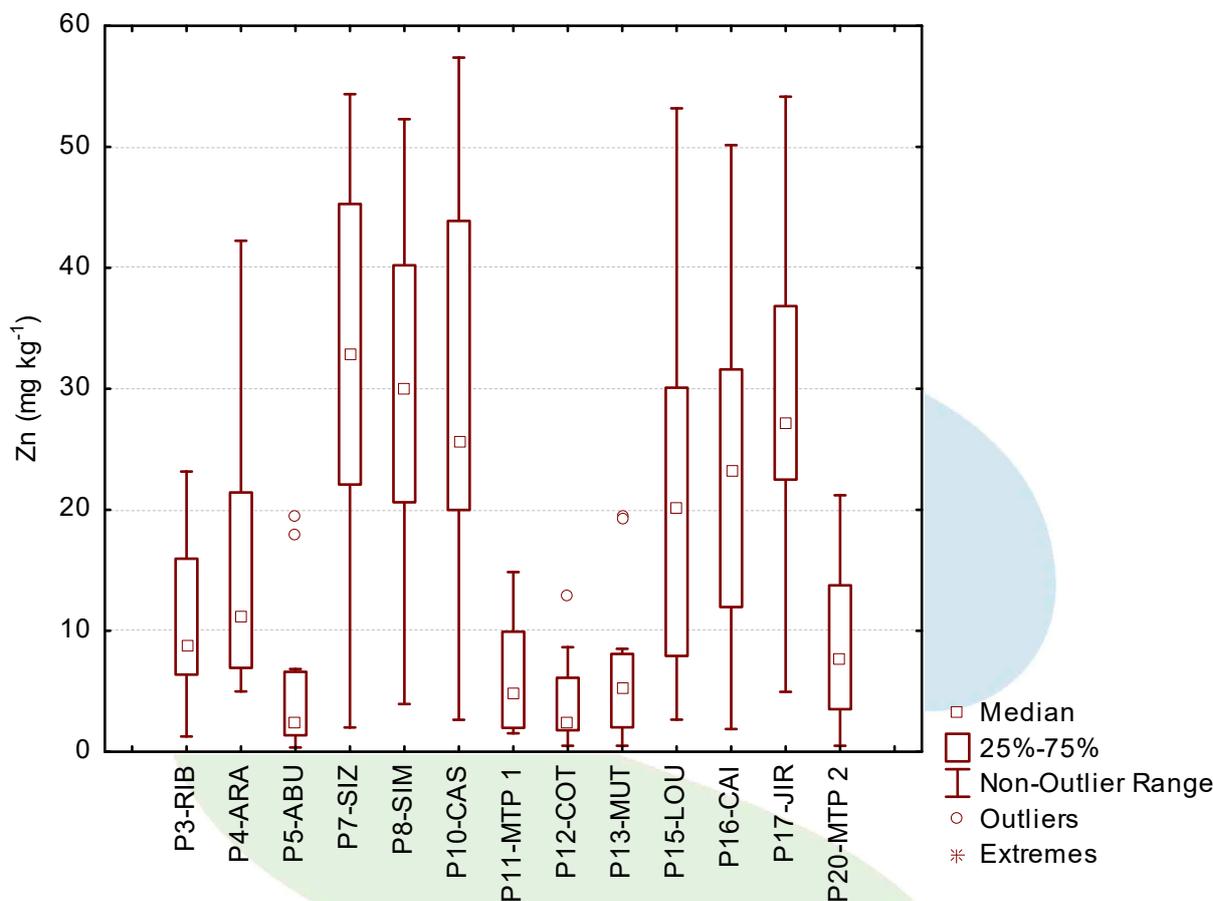


Figura 2-85 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase rio do empreendimento.

Considerando as diferenças estatisticamente significativas entre as estações (calha e tributários), na fase enchimento as concentrações de cromo (Cr) apresentaram maior mediana no Ponto de captação (P22-P.CAP) e maior variação na foz do Mutum (P20-MTP 2) (**Figura 2-86**), as concentrações de manganês (Mn) apresentaram maior mediana no igarapé Castanho (P10-CAS) e maior variação na área alagada do Mutum (P13-MUT) (**Figura 2-87**), as concentrações de níquel (Ni) apresentaram maior mediana no igarapé Castanho (P10-CAS) e maior variação na área alagada do Mutum (P13-MUT) (**Figura 2-88**), as concentrações de chumbo (Pb) apresentaram maior mediana e variação no Ponto de captação (P22-

P.CAP) (**Figura 2-89**), as concentrações de zinco (Zn) apresentaram maior mediana no Ponto de captação (P22-P.CAP) e maior variação no rio Abunã (P5-ABU) (**Figura 2-90**).

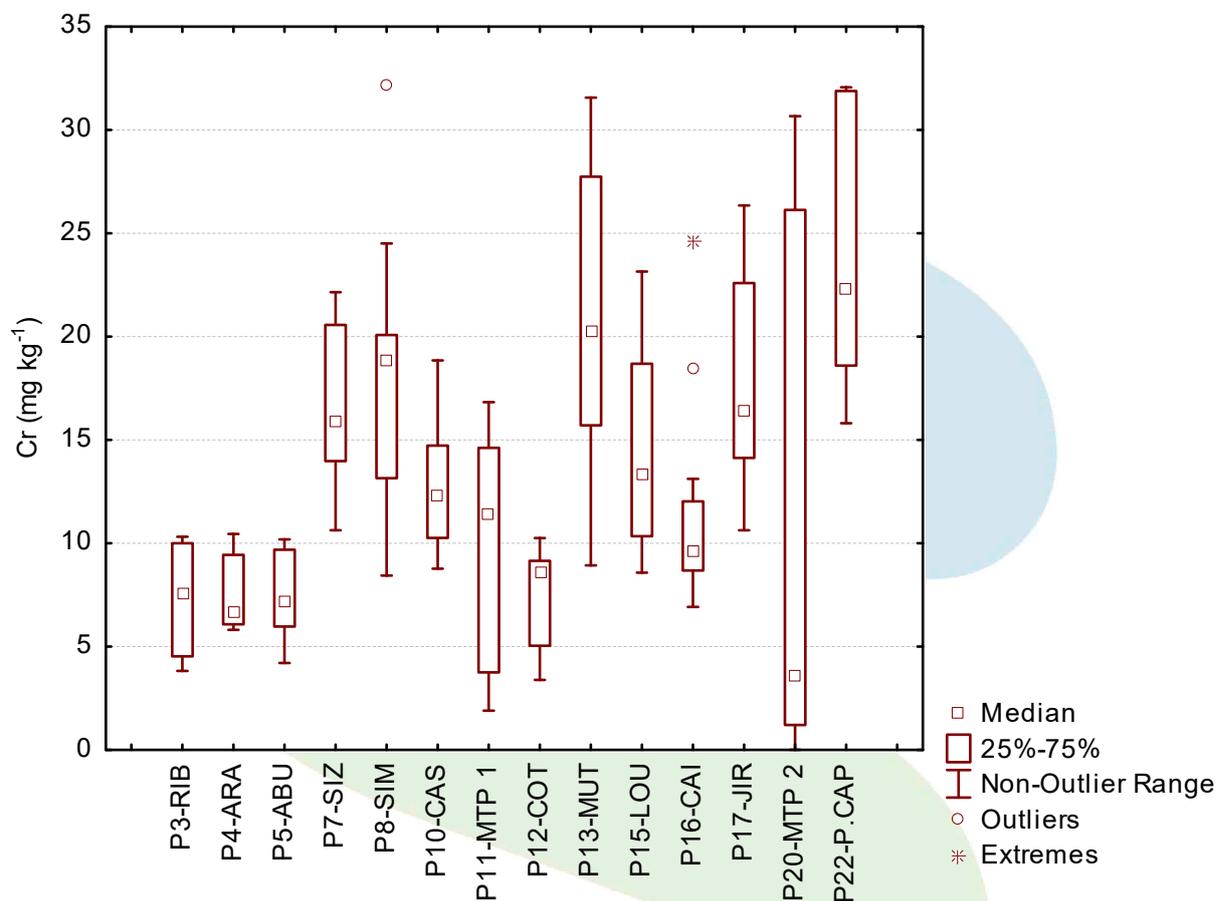


Figura 2-86 – Boxplot das concentrações de crômio (Cr) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase enchimento do empreendimento.

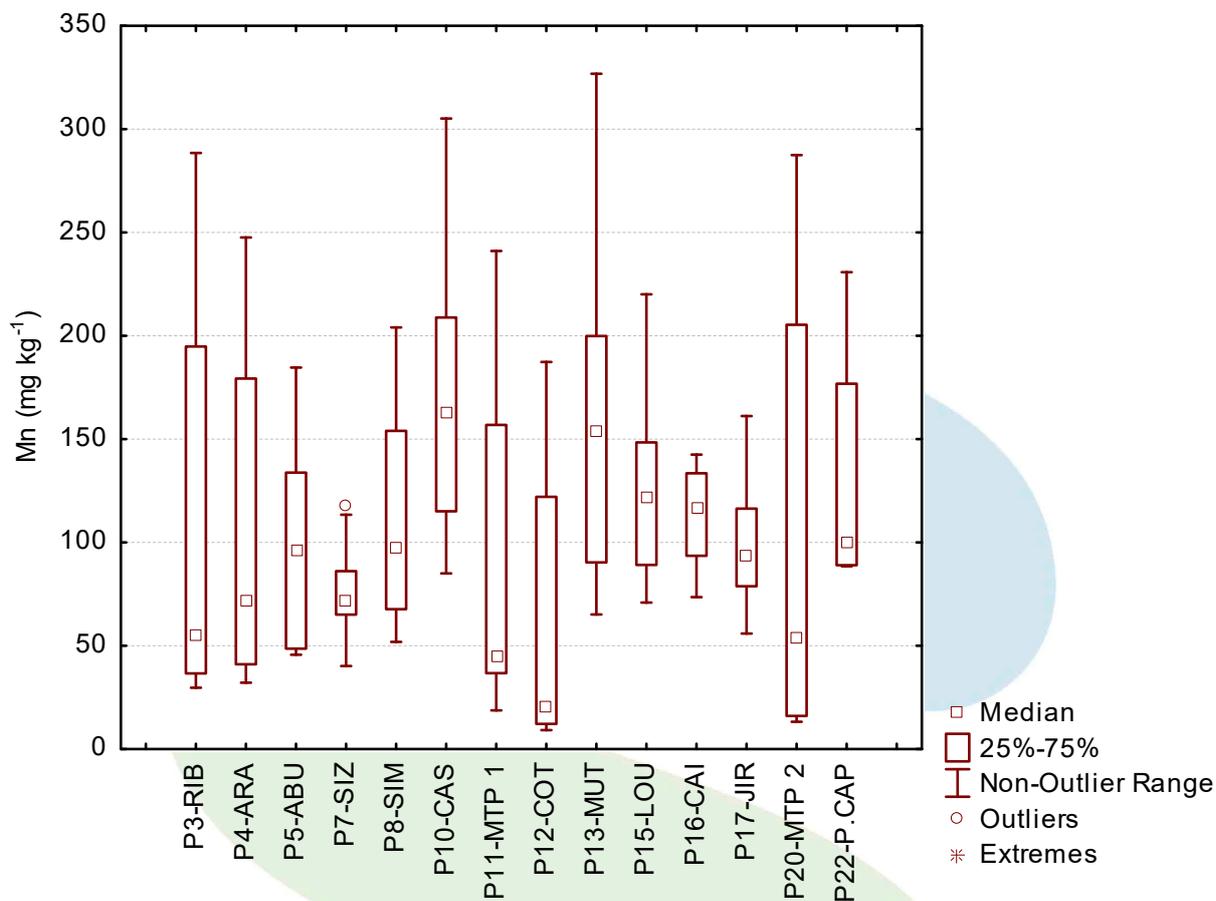


Figura 2-87 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase enchimento do empreendimento.



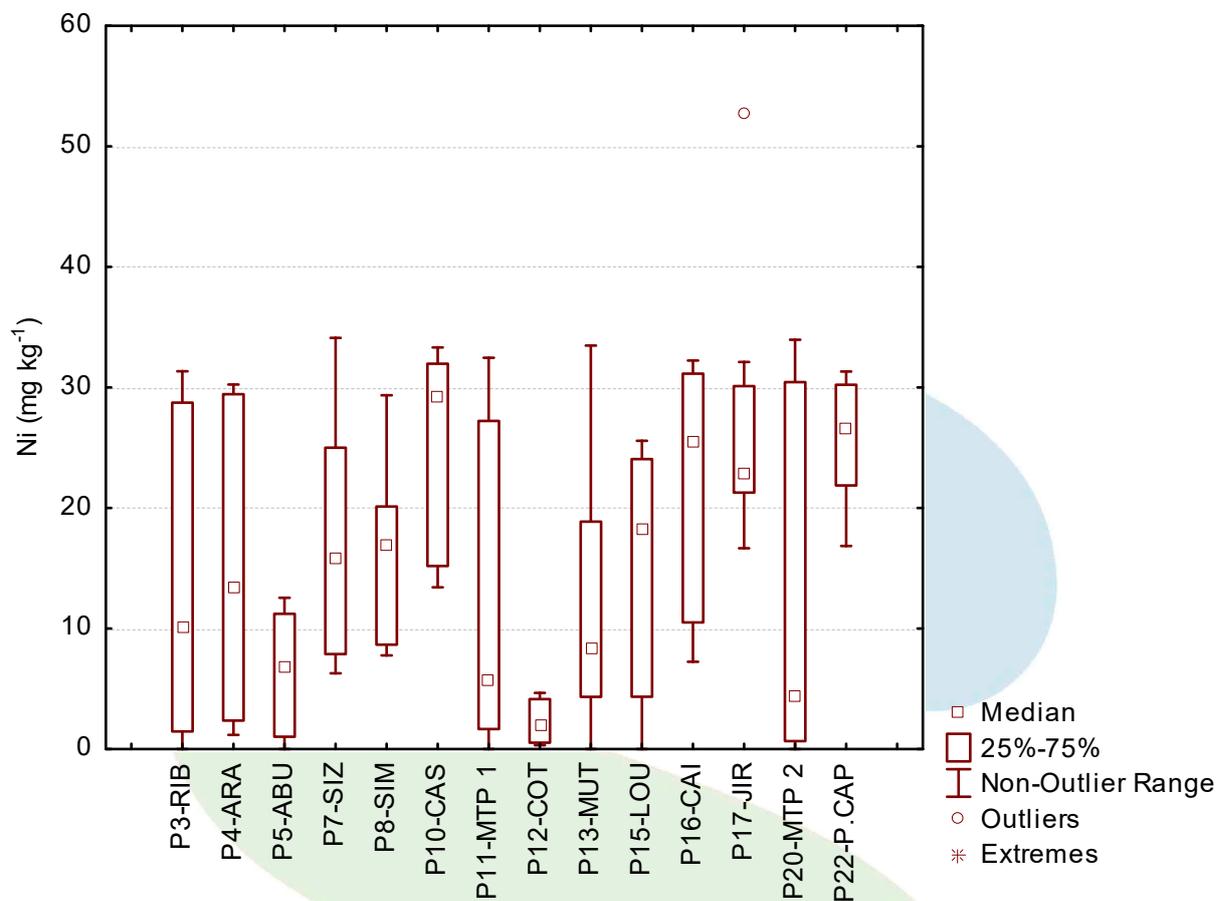


Figura 2-88 – Boxplot das concentrações de níquel (Ni) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase enchimento do empreendimento.



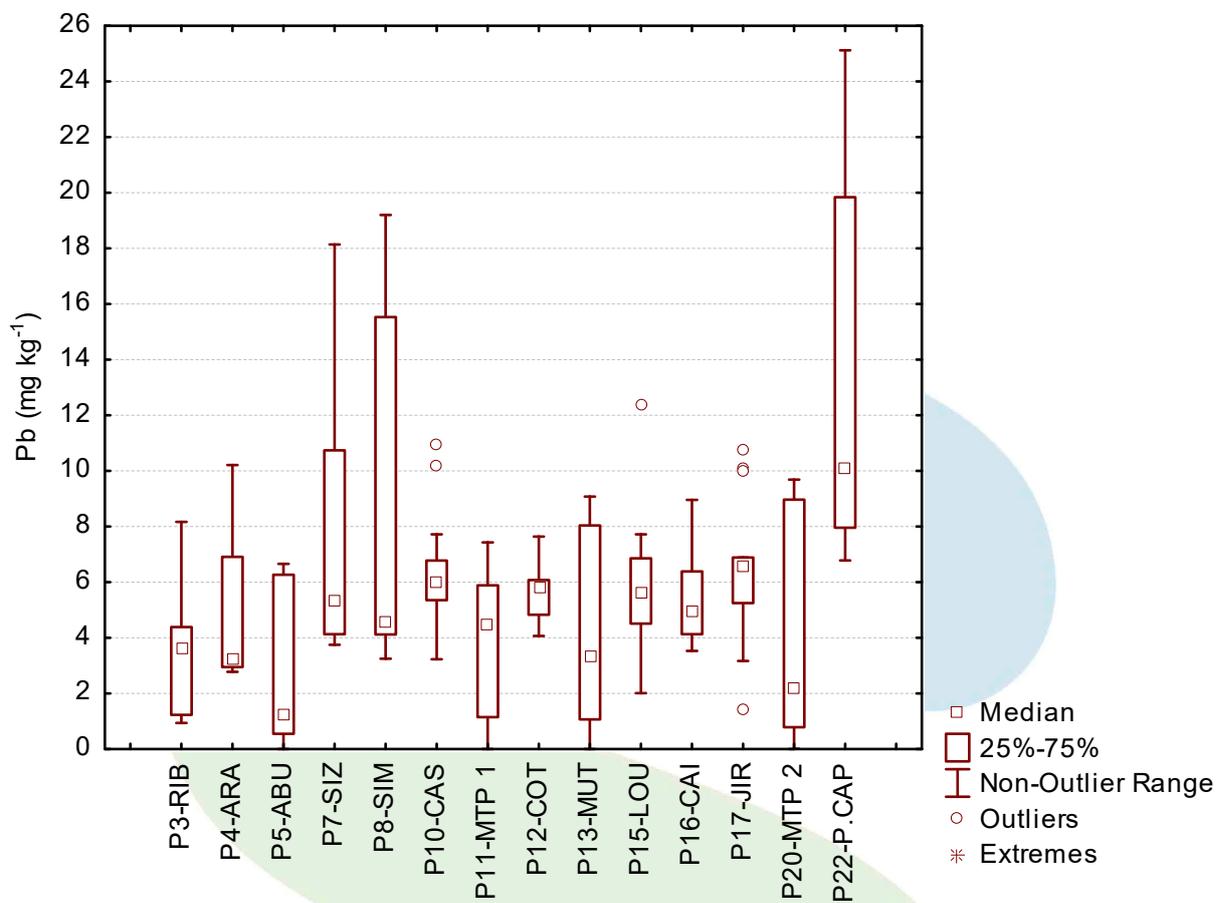


Figura 2-89 – Boxplot das concentrações de chumbo (Pb) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase enchimento do empreendimento.



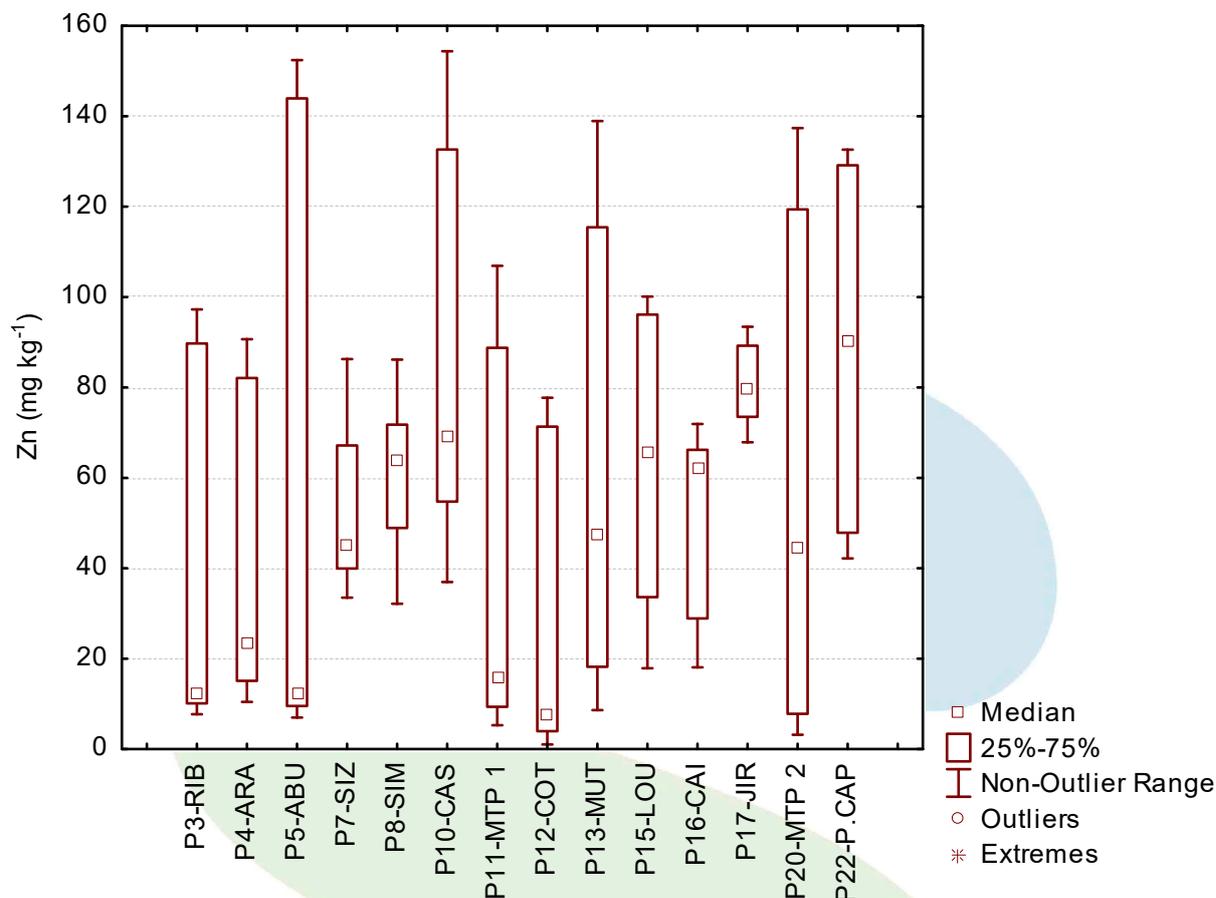


Figura 2-90 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase enchimento do empreendimento.

Considerando as diferenças estatisticamente significativas entre as estações (calha e tributários), na fase operativa as concentrações de cromo (Cr) apresentaram maior mediana e variação no rio Mutum Paraná (P11-MTP 1) (**Figura 2-91**), as concentrações de manganês (Mn) apresentaram maior mediana e variação na foz do Mutum (P20-MTP 2) (**Figura 2-92**), as concentrações de níquel (Ni) apresentaram maior mediana no igarapé Caiçara (P16-CAI) e maior variação na foz do Mutum (P20-MTP 2) (**Figura 2-93**), as concentrações de chumbo (Pb) apresentaram maior na área alagada do Mutum (P13-MUT) e maior variação no rio Abunã (P5-ABU) (**Figura 2-94**), as concentrações de zinco (Zn) apresentaram



maior mediana no Ponto de captação (P22-P.CAP) e maior variação na área alagada do Mutum (P13-MUT) (Figura 2-95).

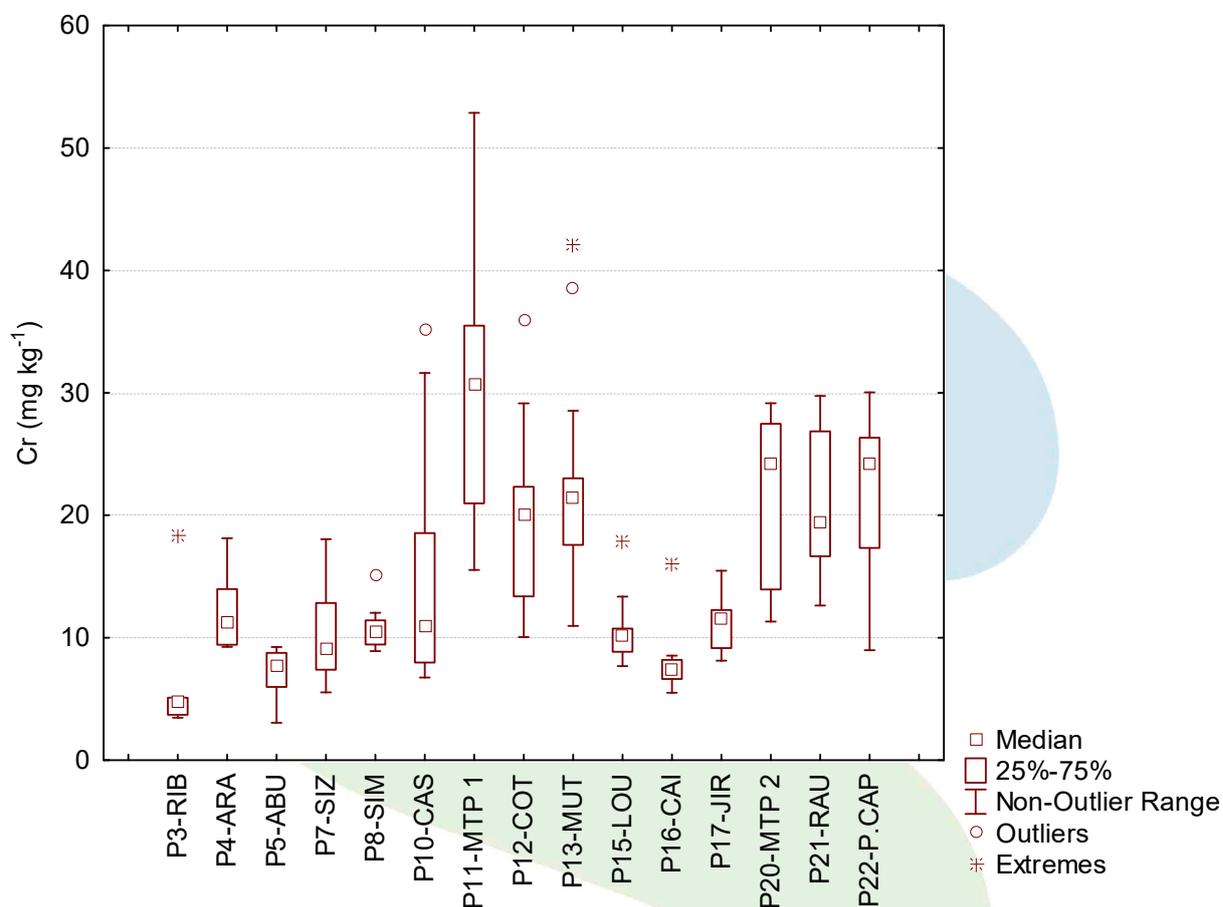


Figura 2-91 – Boxplot das concentrações de crômio (Cr) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase operativa do empreendimento.



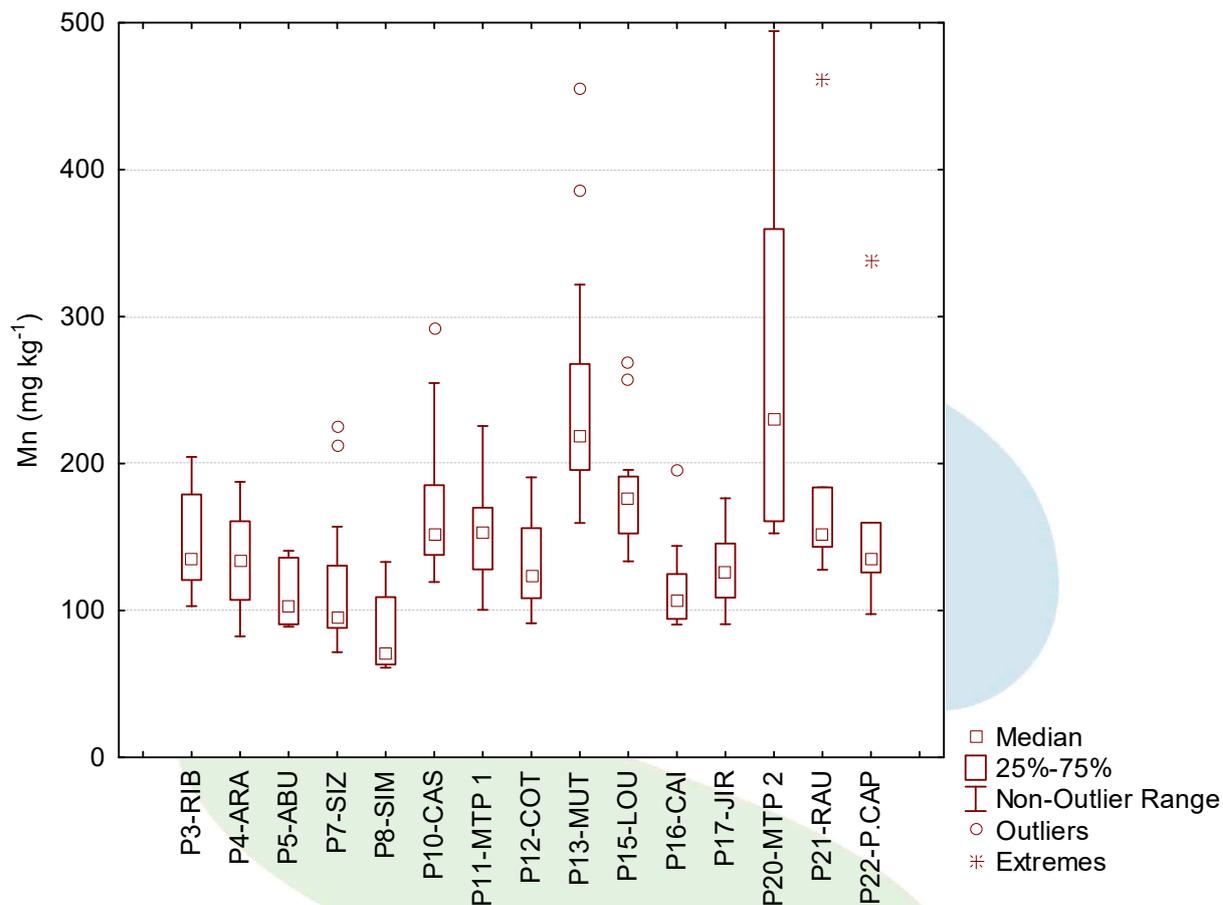


Figura 2-92 – Boxplot das concentrações de manganês (Mn) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase operativa do empreendimento.



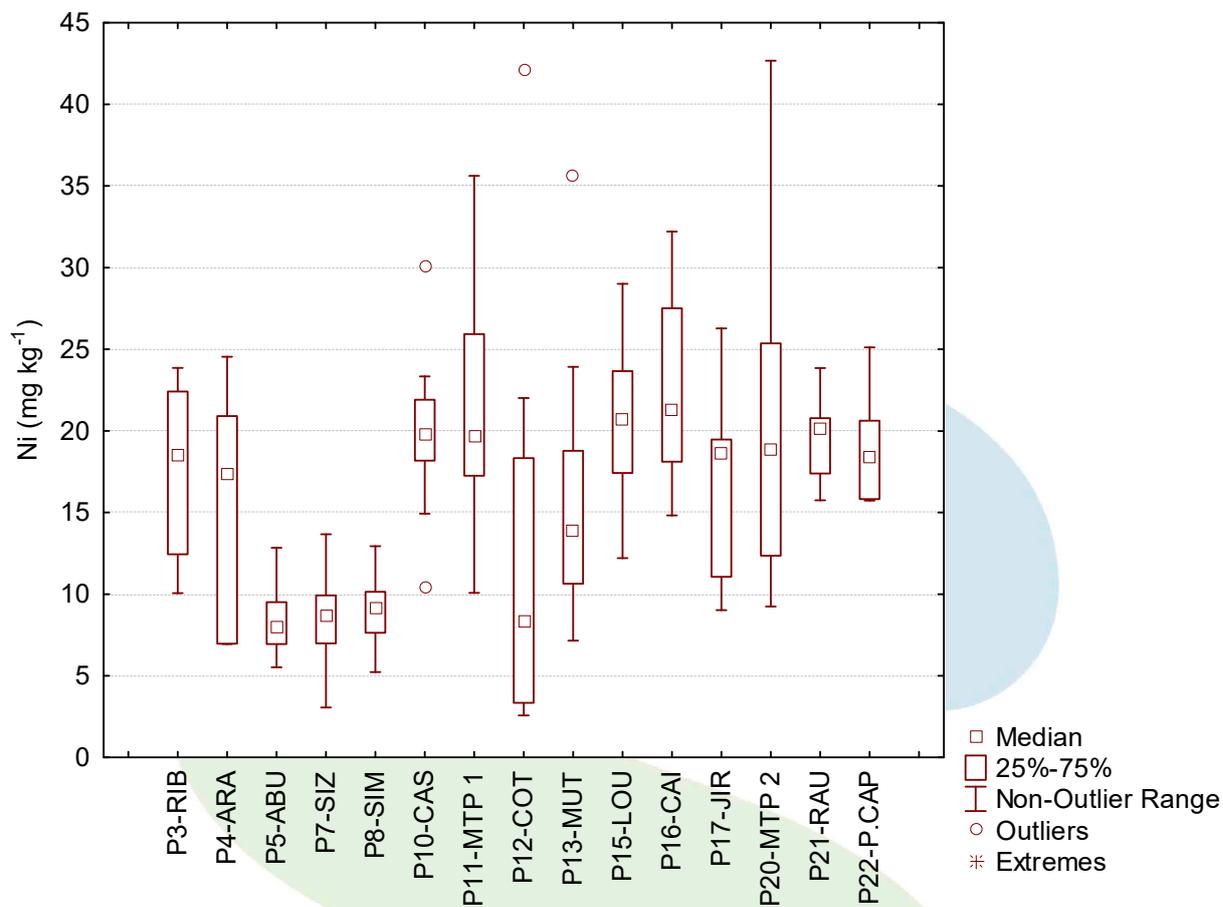


Figura 2-93 – Boxplot das concentrações de níquel (Ni) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase operativa do empreendimento.



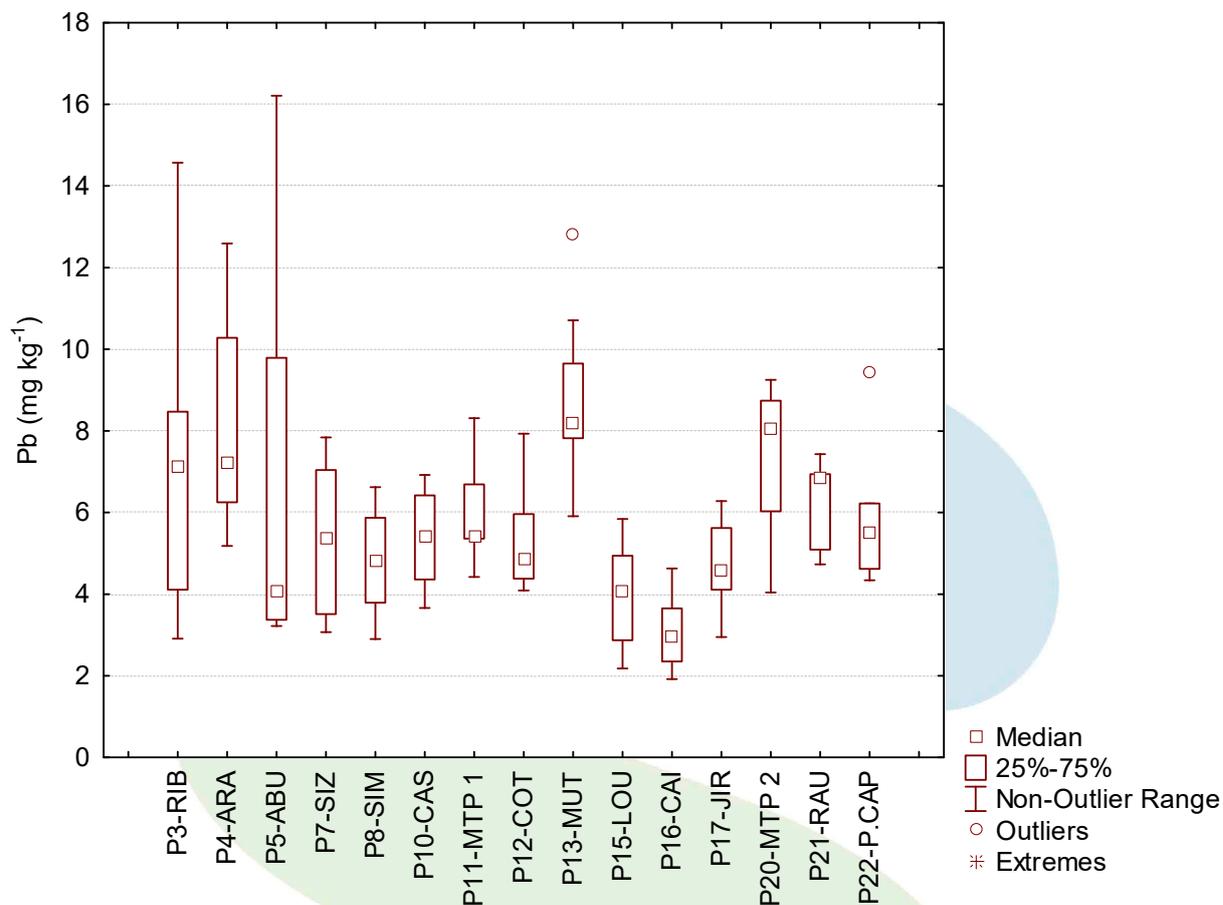


Figura 2-94 – Boxplot das concentrações de chumbo (Pb) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase operativa do empreendimento.



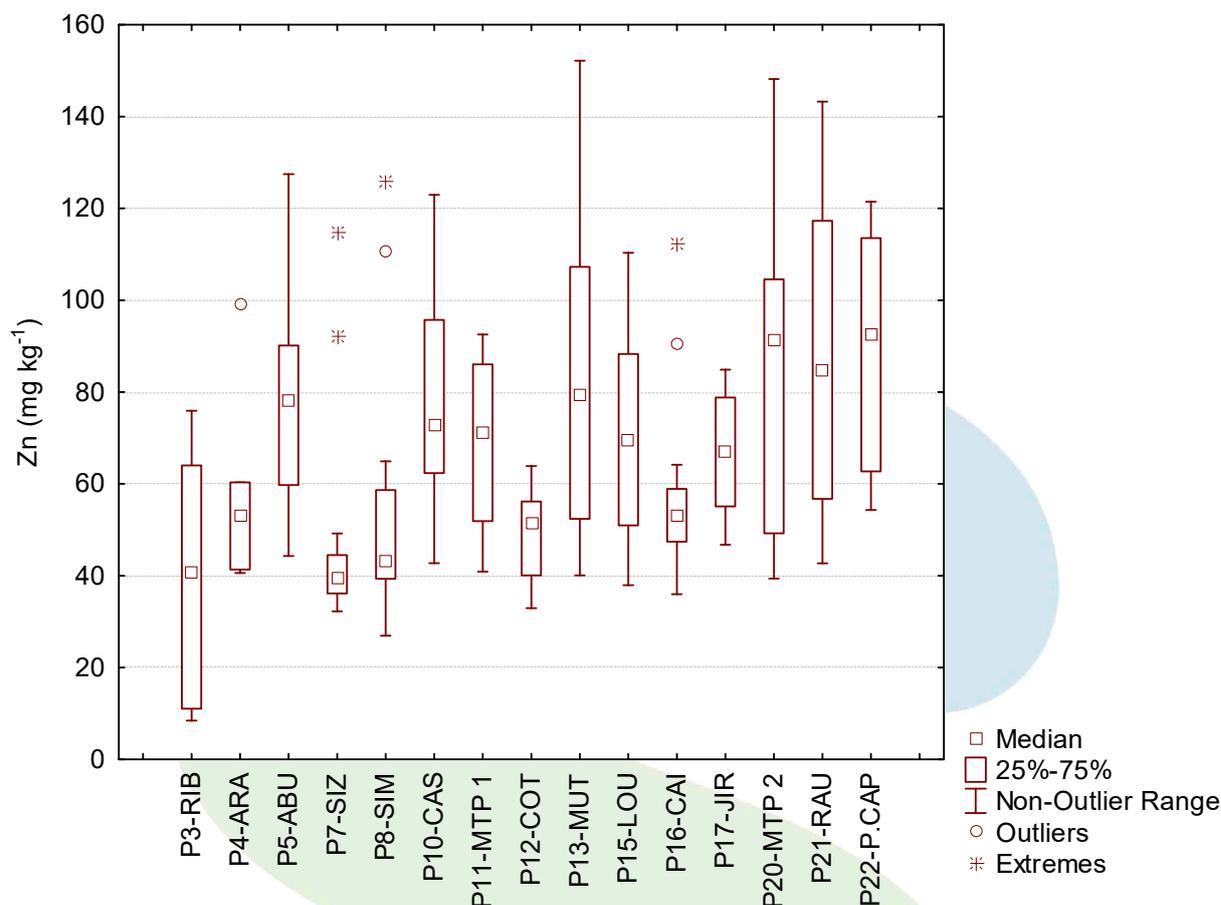


Figura 2-95 – Boxplot das concentrações de zinco (Zn) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários do rio Madeira na fase operativa do empreendimento.

A análise de variância univariada (ANOVA_One way) foi feita para averiguar as diferenças entre as concentrações de cromo, manganês, níquel, chumbo e zinco (**Quadro 2-32**) em amostras de sedimento, considerando os diferentes transectos (margem direita, centro e margem esquerda), caso as hipóteses nulas entre os níveis categóricos sejam rejeitadas. O valor de alfa adotado para o nível de significância foi de 0,05 (5%) para o teste de Wilks. O teste mostrou que não há diferenças significativas, neste sentido aceita-se a hipótese nula.

Quadro 2-32 – Análise de variâncias multivariada das concentrações de Cr, Mn, Ni, Pb e Zn (mg kg^{-1}) em amostras de sedimento, nos transectos (margem direita, centro e margem esquerda).

	TEST	VALUE	F	EFFECT	ERROR	<i>p</i>
Intercept	Wilks	0,098008	815,4039	5	443	0,000000
Transecto	Wilks	0,984022	0,7164	10	886	0,709545

A análise de variância univariada (ANOVA_One way) (**Quadro 2-33**) corrobora com o resultado apresentado anteriormente.

Quadro 2-33 – Análise de variâncias univariada das concentrações de Cr, Mn, Ni, Pb e Zn (mg kg^{-1}) em amostras de sedimento, nos transectos (margem direita, centro e margem esquerda).

	DEGR. OF	Cr F	Cr <i>p</i>	Mn F	Mn <i>p</i>	Ni F	Ni <i>p</i>	Pb F	Pb <i>P</i>	Zn F	Zn <i>p</i>
Intercept	1	283,22 31	0,0000 00	3055,6 19	0,0000 00	1189,7 01	0,0000 00	102,97 99	0,0000 00	1033,0 95	0,0000 00
Transecto	2	2,0415	0,1310 44	0,950	0,3876 95	0,729	0,4827 36	0,0455	0,9554 86	0,335	0,7151 81
Error	447										
Total	449										

Apesar das concentrações de cromo, níquel, chumbo, manganês e zinco na margem direita do rio Madeira apresentarem valor médio ligeiramente mais baixo, não foi observada diferença significativa entre as médias (**Figura 2-96 e Figura 2-97**).

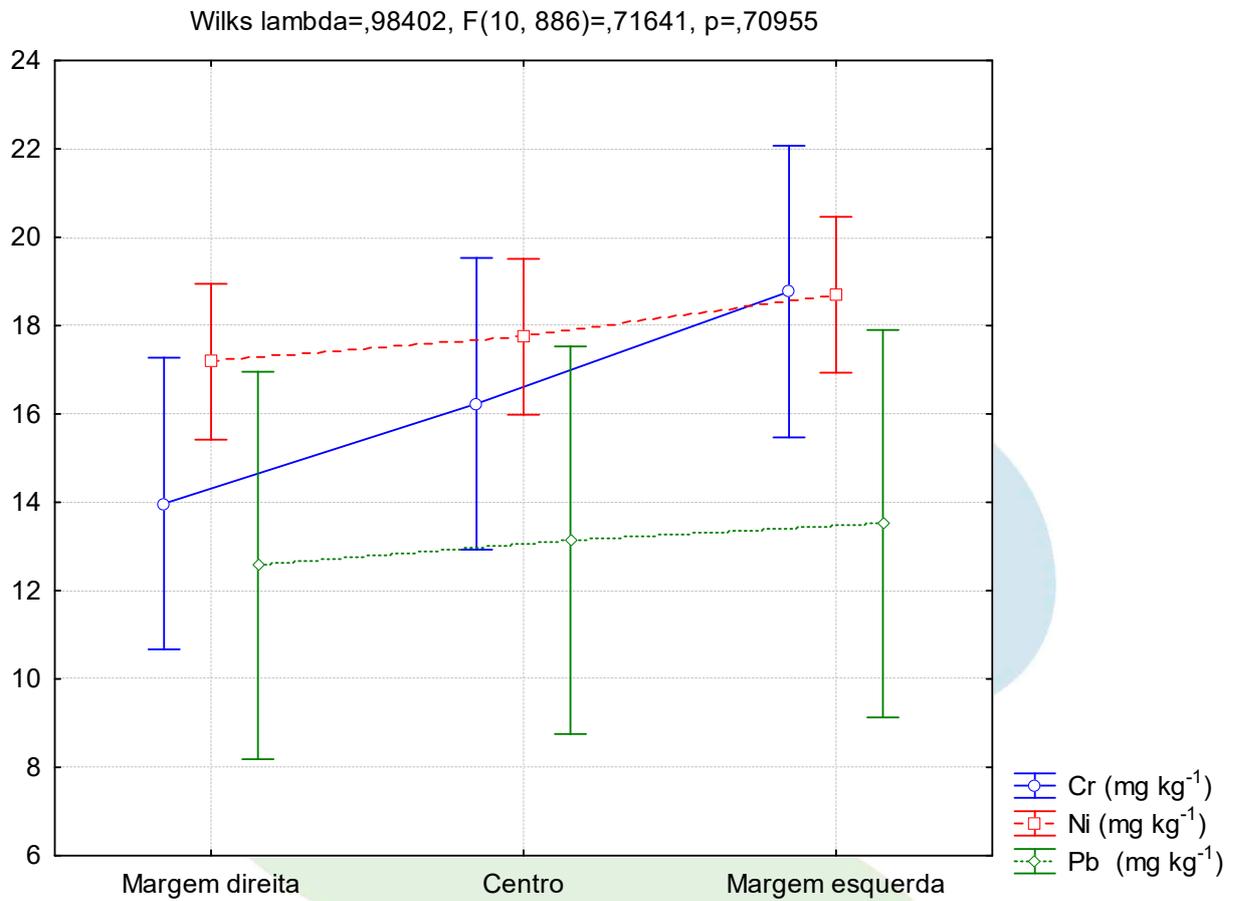


Figura 2-96 – Boxplot das concentrações de Cr, Ni e Pb em amostras de sedimento, por transecto (margem direita, centro e margem esquerda), coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau.

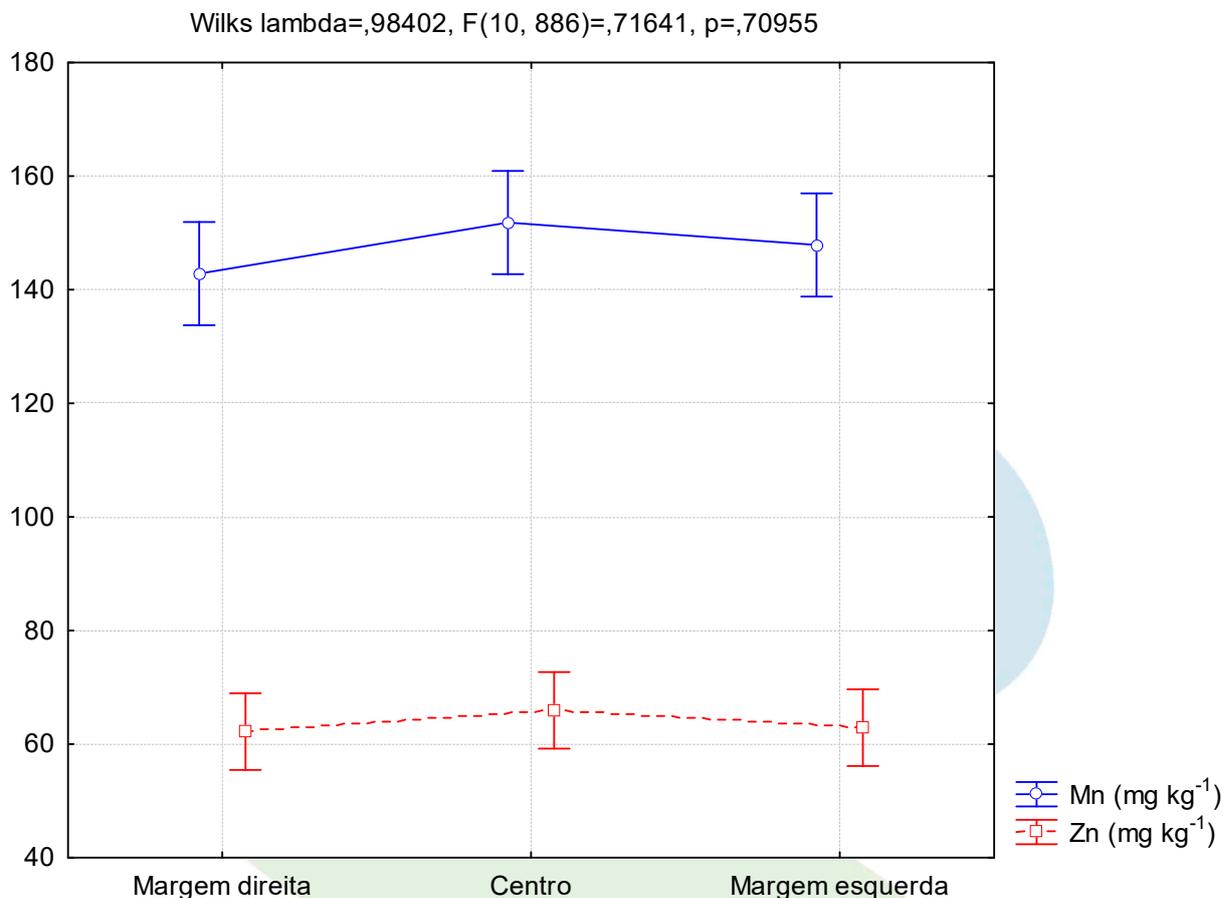


Figura 2-97 – Boxplot das concentrações de Mn e Zn em amostras de sedimento, por transecto (margem direita, centro e margem esquerda), coletadas na área de influência direta e indireta da UHE Jirau.

Utilizou-se, também, de análise de variância multivariada (ANOVA/MANOVA) para averiguar as hipóteses nulas e os níveis de significância das concentrações de cromo, manganês, níquel, chumbo e zinco em amostras de sedimento entre as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa) e períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016), para os igarapés Ribeirão (P3-RIB) (**Quadro 2-34**) e Araras (P4-ARA) (**Quadro 2-35**). Sendo o valor de alfa adotado para o nível de significância foi de 0,05 (5%) para o teste de Wilks. Neste caso, as concentrações médias de cromo, manganês, níquel, chumbo e zinco nas amostras de sedimento coletadas nos igarapés Ribeirão e Araras não apresentaram diferença significativa em nenhum dos fatores.

Quadro 2-34 – Análise de Variâncias Multivariada das concentrações de cromo, manganês, níquel, chumbo e zinco (mg kg^{-1}) em amostras de sedimento coletadas no igarapé Ribeirão, nas fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016).

	TEST	VALUE	F	EFFECT	ERROR	<i>p</i>
Intercept	Wilks	0,194773	10,74890	5	13,00000	0,000296
Fase do Empreendimento	Wilks	0,439527	1,32176	10	26,00000	0,270630
Período	Wilks	0,570149	0,54608	15	36,28867	0,895467

Quadro 2-35 – Análise de Variâncias Multivariada das concentrações de cromo, manganês, níquel, chumbo e zinco (mg kg^{-1}) em amostras de sedimento coletadas no igarapé Araras, nas fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), nos períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016).

	TEST	VALUE	F	EFFECT	ERROR	<i>p</i>
Intercept	Wilks	0,162126	15,50408	5	15,00000	0,000018
Fase do Empreendimento	Wilks	0,356371	2,02539	10	30,00000	0,066148
Período	Wilks	0,459208	0,90775	15	41,80979	0,562017

As relações das concentrações do cromo, manganês, níquel, chumbo e zinco em amostras de sedimento coletadas nos igarapés Ribeirão e Araras, no fator fase do empreendimento e períodos são representadas pela **Figura 2-98, Figura 2-99, Figura 2-100, Figura 2-101, Figura 2-102, Figura 2-103, Figura 2-104 e Figura 2-105**, evidenciando a baixa variação destes elementos entre as fases e períodos ($p > 0,05$).

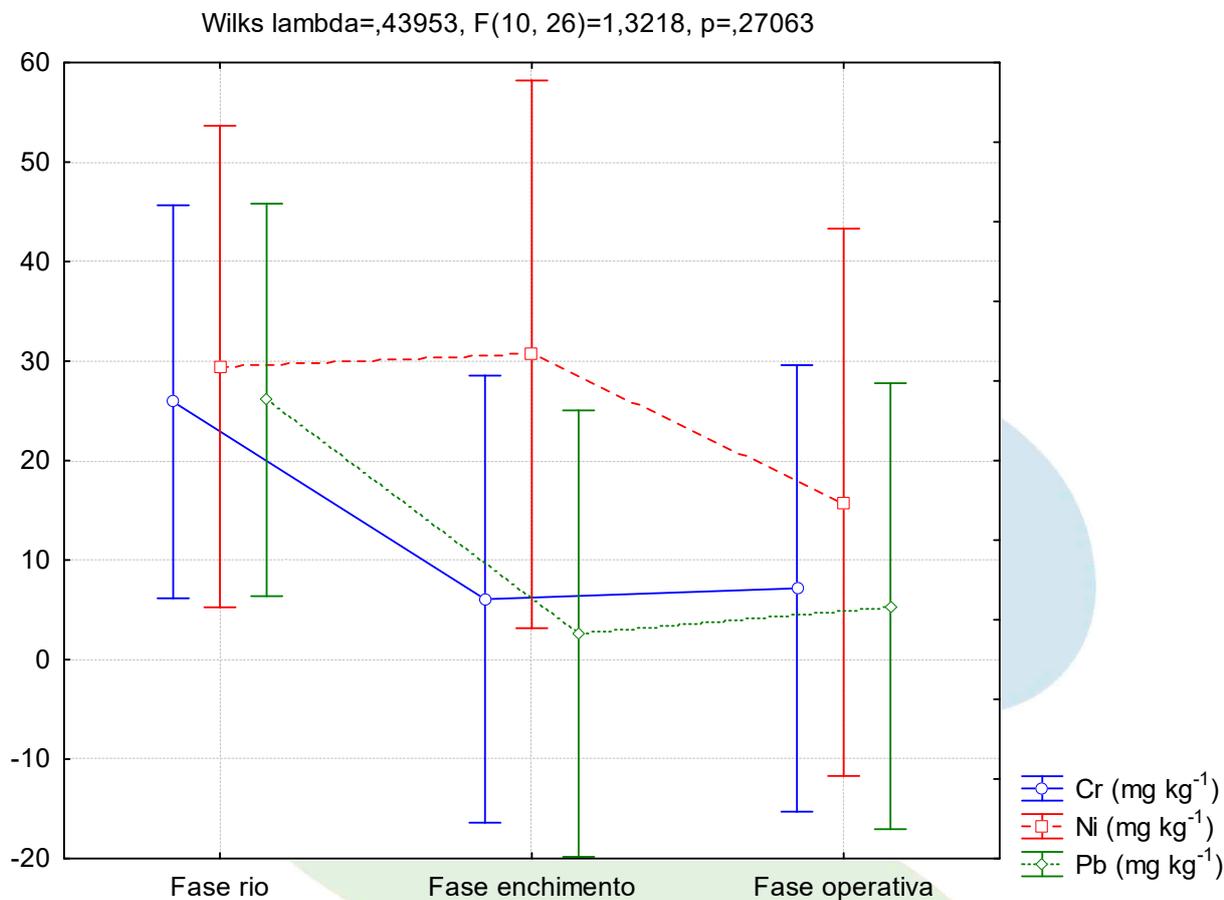


Figura 2-98 – Boxplot das concentrações de crômio, níquel e chumbo amostras de sedimento coletadas no Igarapé Ribeirão, para as diferentes fases do empreendimento, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.



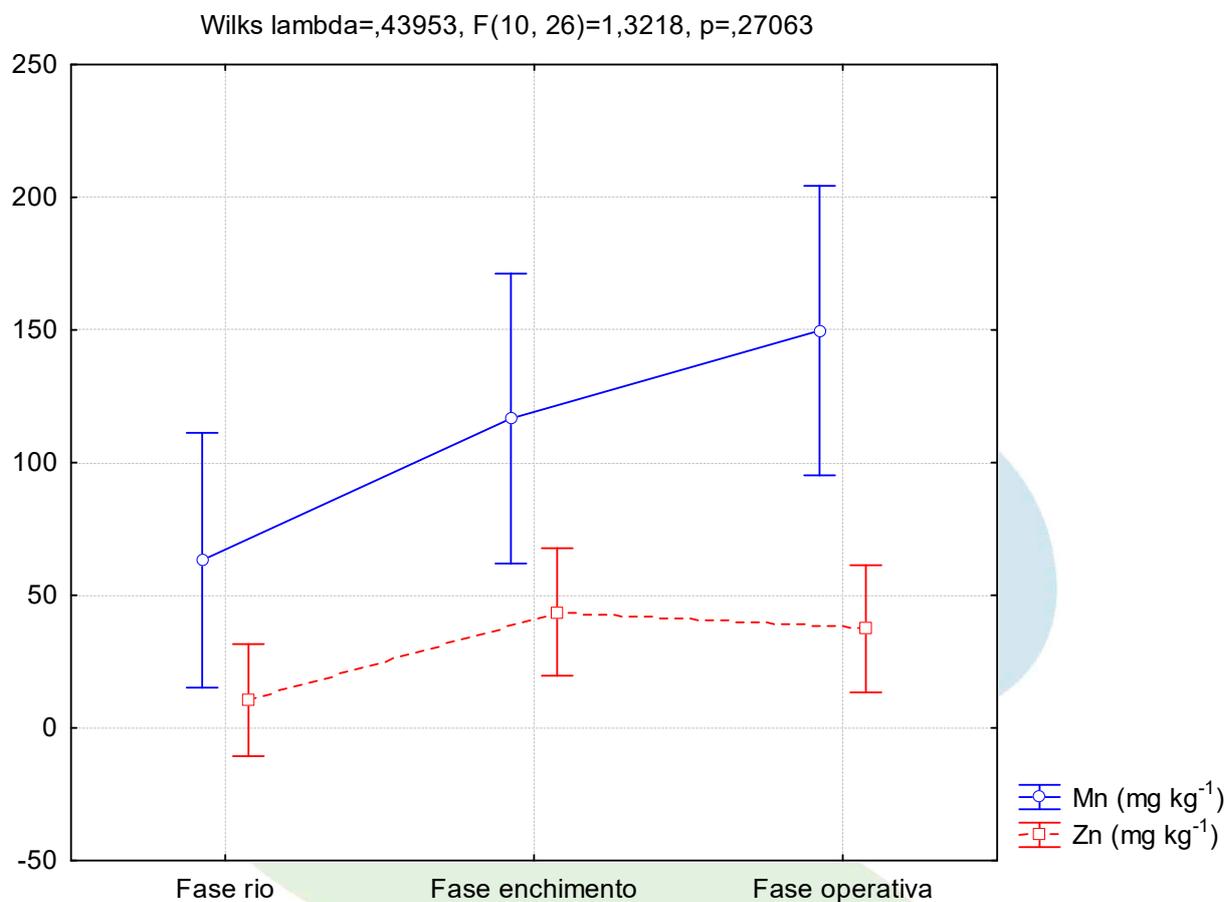


Figura 2-99 – Boxplot das concentrações de manganês e zinco em amostras de sedimento coletadas no rio Ribeirão, para as diferentes fases do empreendimento, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.

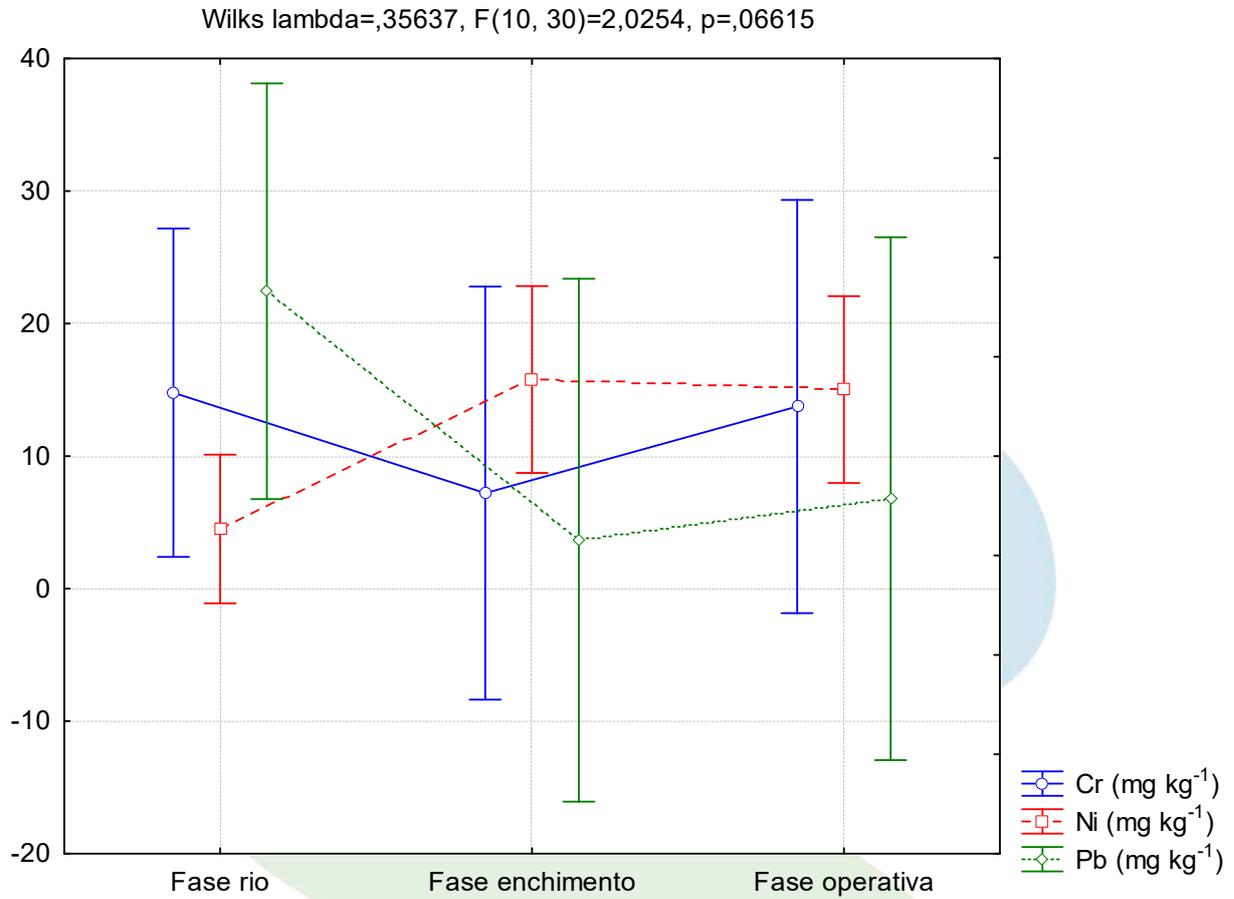


Figura 2-100 – Boxplot das concentrações de crômio, níquel e chumbo em amostras de sedimento coletadas no igarapé Araras, para as diferentes fases do empreendimento, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.

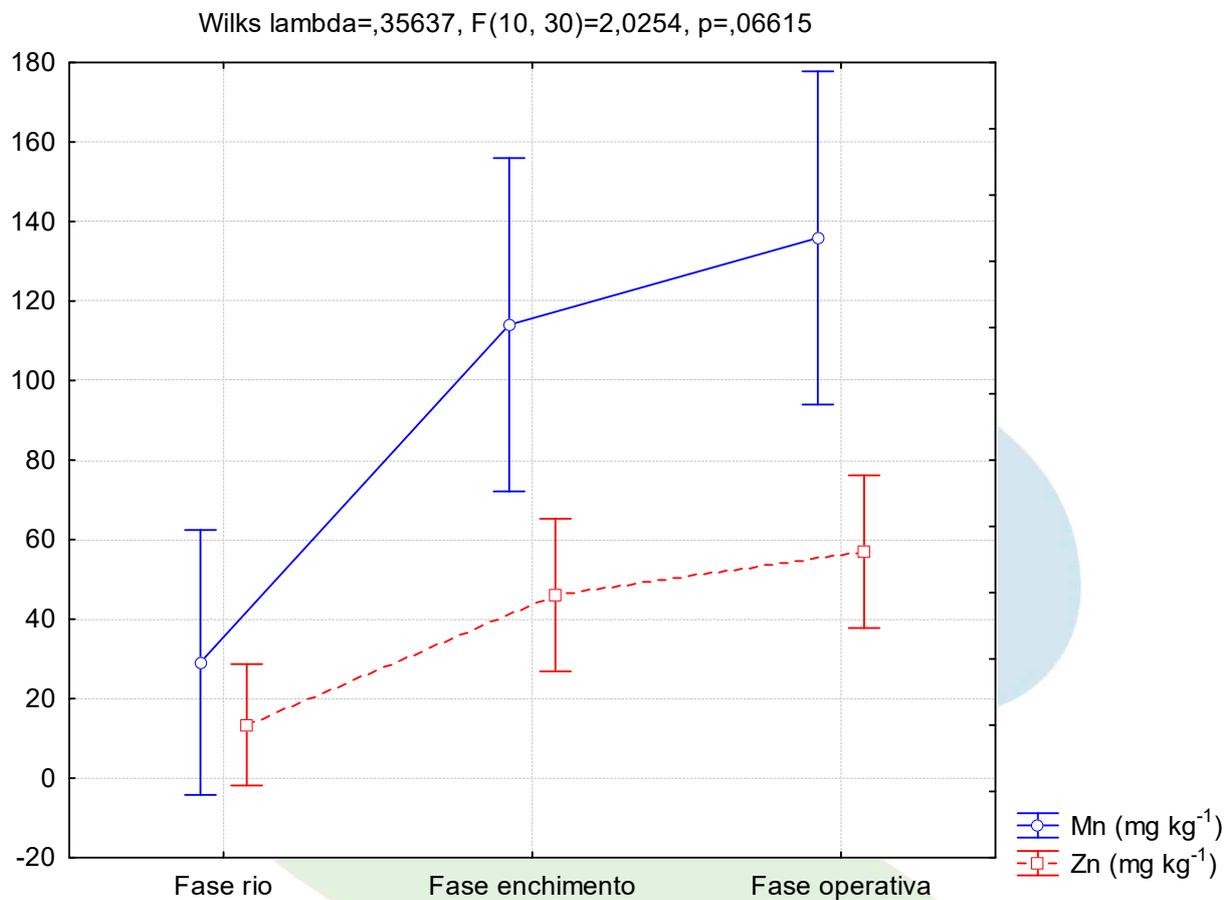


Figura 2-101 – Boxplot das concentrações de manganês e zinco em amostras de sedimento coletadas no igarapé Araras, para as diferentes fases do empreendimento, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.

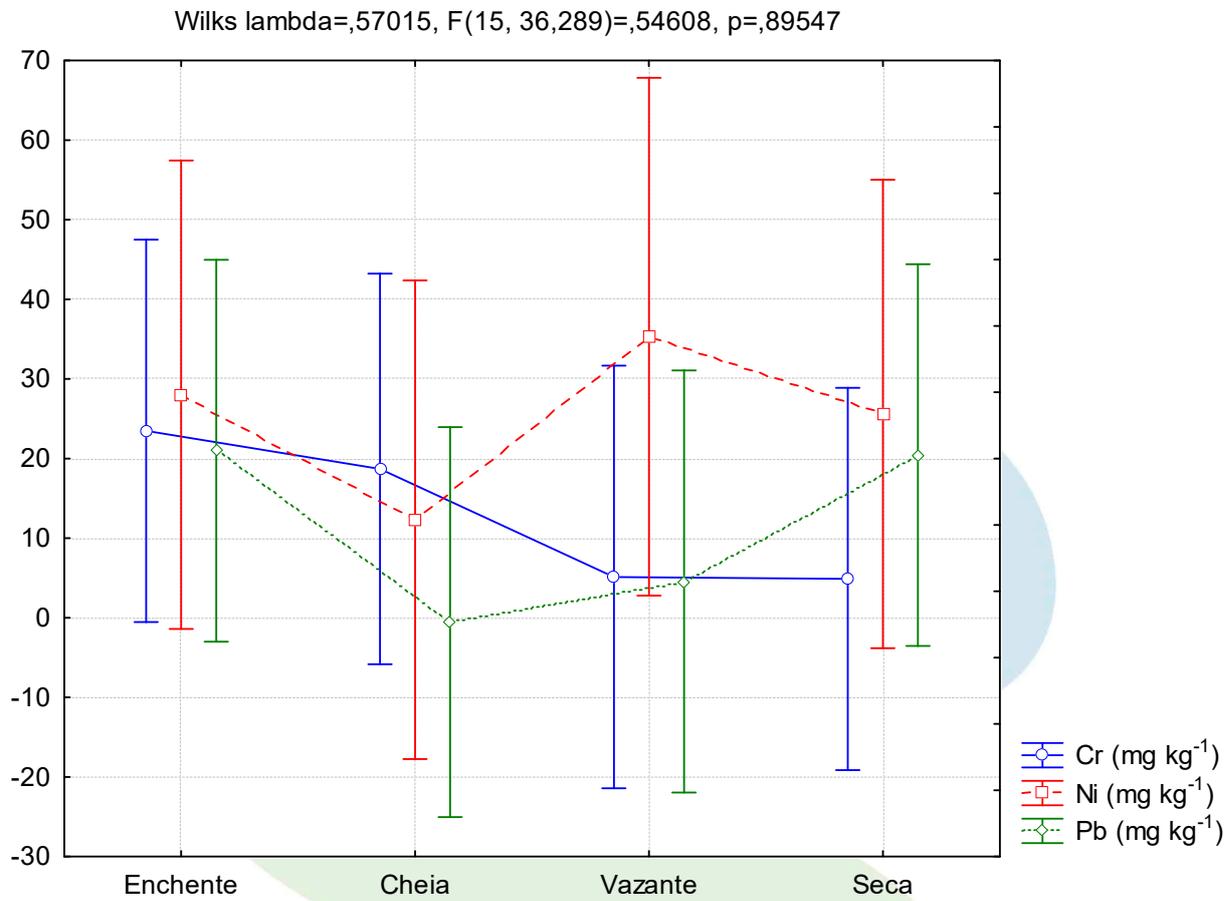


Figura 2-102 – Boxplot das concentrações de cromo, níquel e chumbo em amostras de sedimento coletadas no igarapé Ribeirão, por período hidrológico, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.



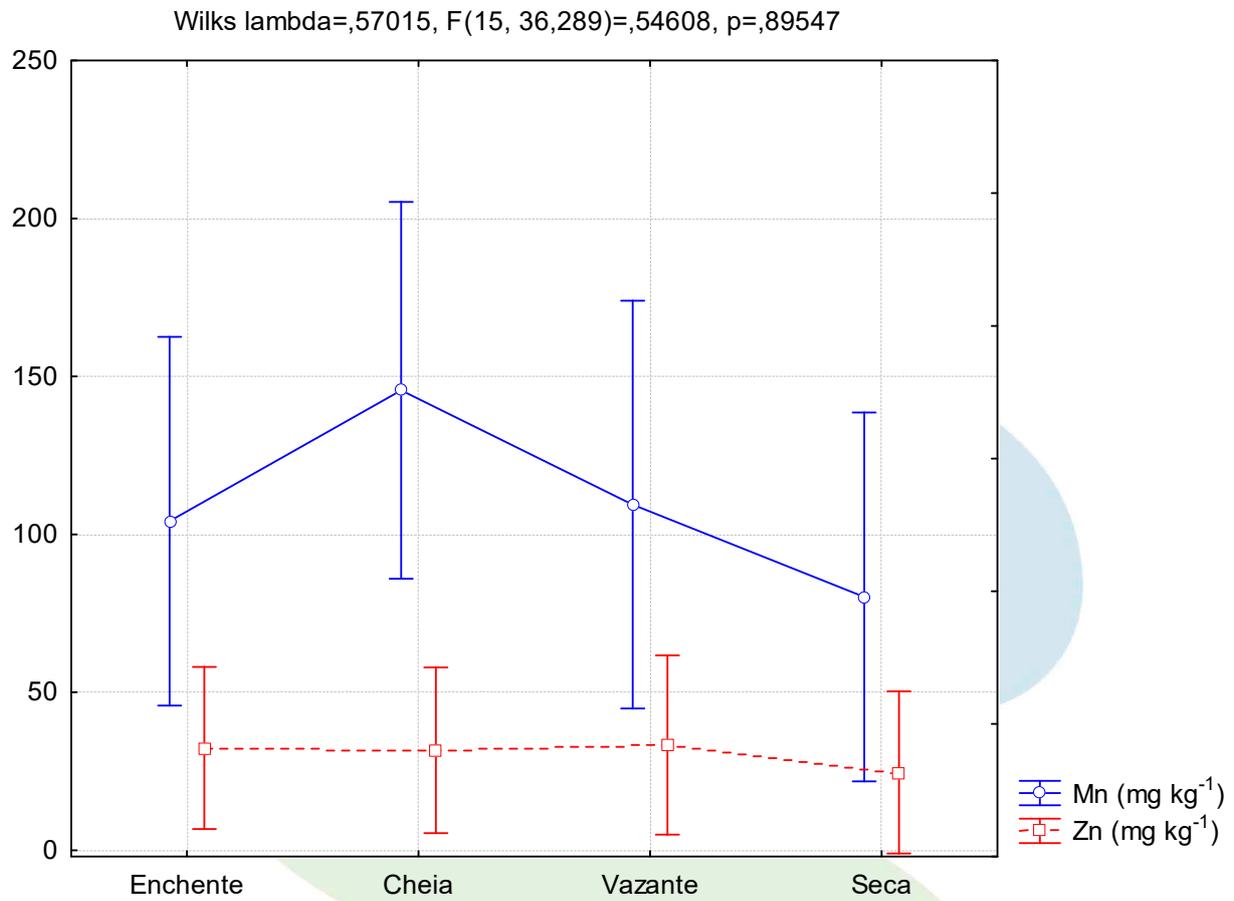


Figura 2-103 – Boxplot das concentrações de manganês e zinco em amostras de sedimento coletadas no Igarapé Ribeirão, por período hidrológico, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.



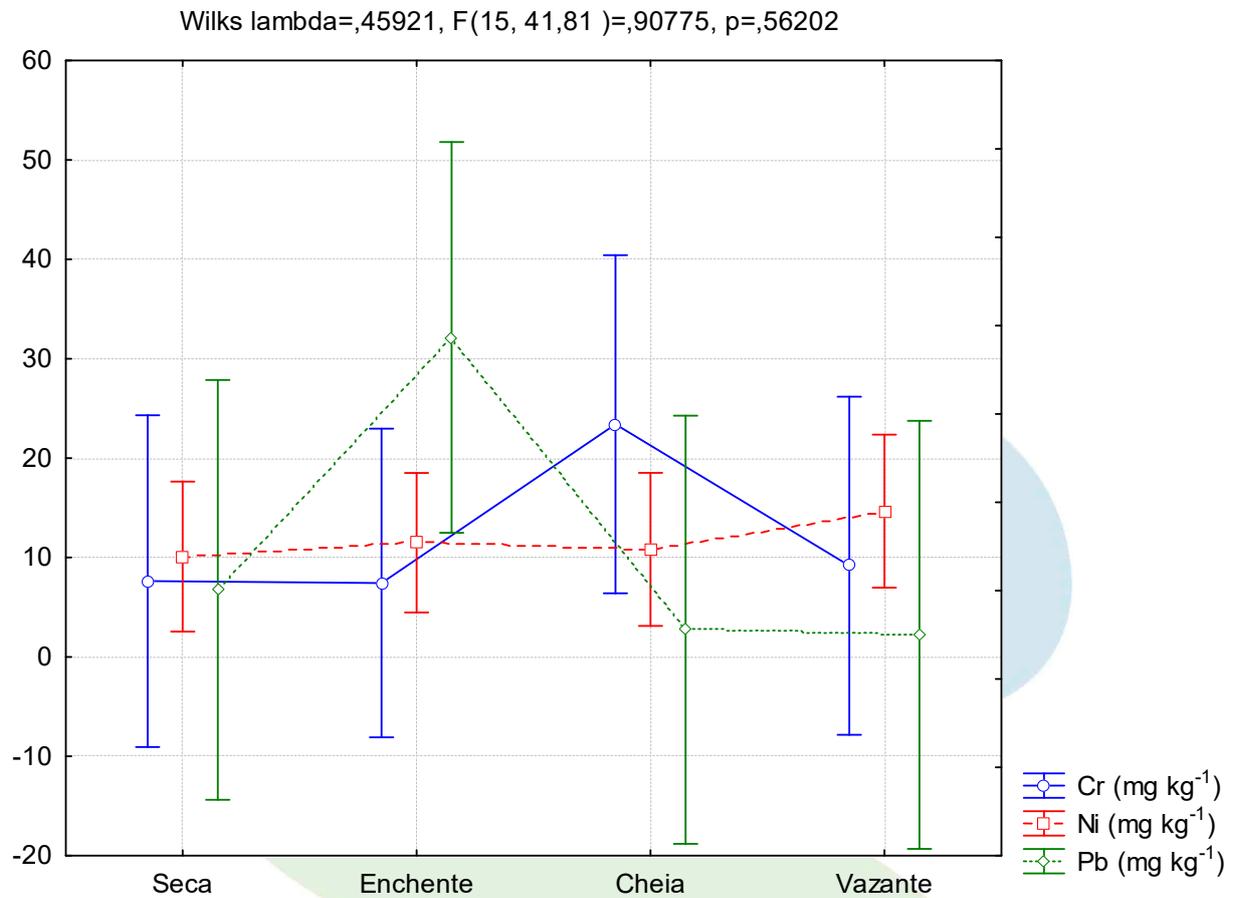


Figura 2-104 – Boxplot das concentrações de crômio, níquel e chumbo em amostras de sedimento coletadas no igarapé Araras, por período hidrológico, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.

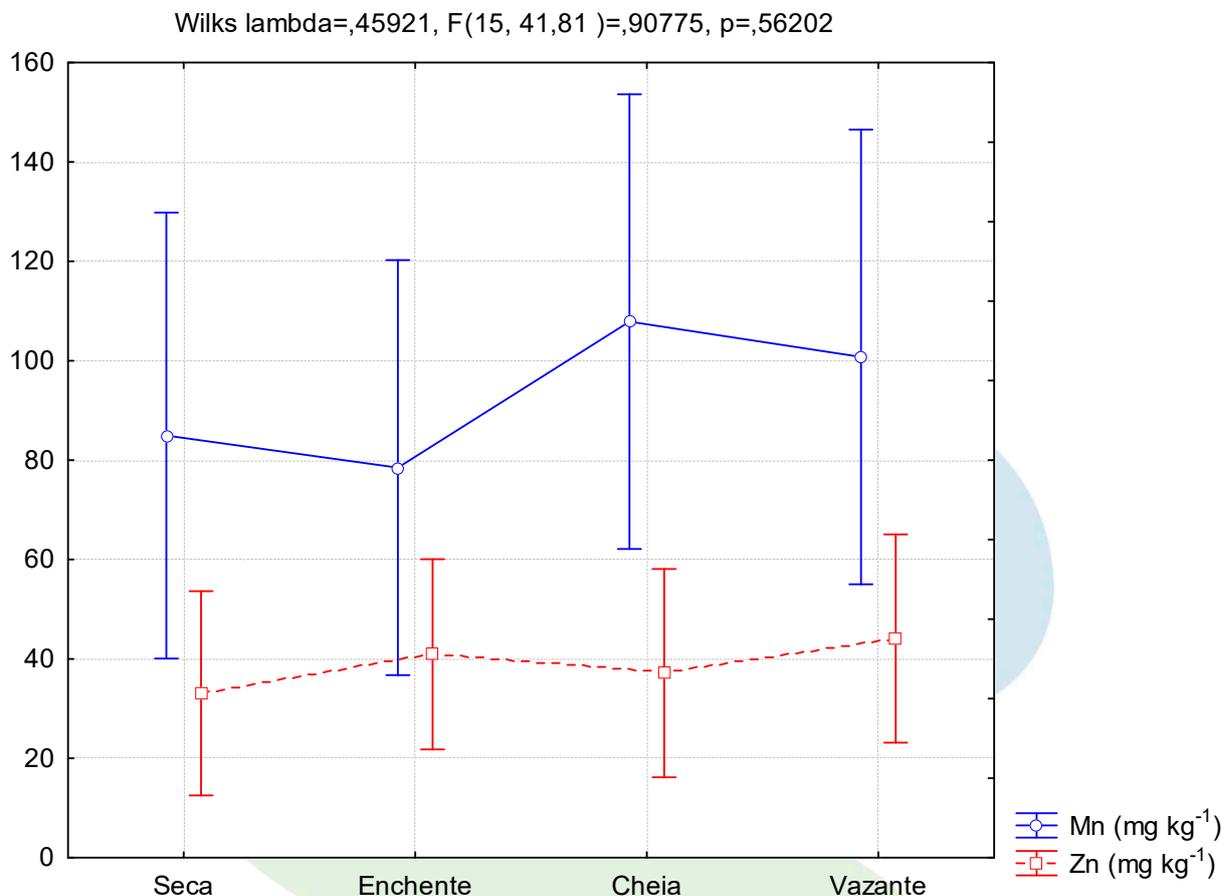


Figura 2-105 – Boxplot das concentrações de manganês e zinco em amostras de sedimento coletadas no Igarapé Araras, por período hidrológico, período de seca, enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016.

Para melhor entendimento da dinâmica de transporte e sedimentação do rio Madeira, principal afluente da bacia do rio Amazonas, cujo aspecto dinâmico o caracteriza por intensos gradientes que podem ser de natureza hidrológica (oscilação do regime fluvial), tectônica/ geomorfológica (alteração do canal fluvial), hidráulica (poder energético da massa de água) e de transporte de sedimentos foram aplicados teste univariados e multivariados. Nos relatórios anteriores toda esta dinâmica foi analisada, com a constatação da alta variabilidade dos resultados dos elementos traços. A bacia de drenagem do rio Madeira, devido a sua importância quanto à vazão e fluxo de sólidos carregados para o rio Amazonas, tem sido avaliada por vários autores (Sioli, 1967; Mortatti *et al.*, 1989; Martinelli *et al.*, 1989; Martinelli *et al.*, 1993; Guyot *et al.*, 1995; Gaillardet *et al.*, 1997; Guyot *et al.*, 1999; Filizola-Júnior, 1999;





Aalto *et al.*, 2003; 2006; Tardy *et al.*, 2005; Latrubesse *et al.*, 2005; Dosseto *et al.* 2006). Em síntese, estes autores descobriram cargas de sólidos em suspensão transportados na ordem de milhões a bilhões de toneladas por ano e também muita variabilidade nas concentrações dos elementos traços, sugerindo assim a sazonalidade conforme fluxo hidrológico. Torna-se evidente a importância do carreamento dos sólidos na composição físico-química deste corpo de água, como também da sua composição mineralógica dos sólidos em suspensão. Estudos mais específicos foram feitos por Martinelli *et al.* (1993) em ambientes de várzea, Lyons & Bird (1995) nos sedimentos em suspensão e precipitados e por Guyot *et al.* (2007) em sedimentos transportados pelo rio Beni. Estes estudos relatam que a maior parte destes sedimentos transportados é constituída de argilominerais dos grupos das ilitas, caulinitas, cloritas e esmectitas, na sua predominância. Portanto, a constituição geológica destes sólidos em suspensão tem grande importância na composição e concentração dos elementos traço nos rios e lagos que drenam íons metálicos e pequenas partículas dos solos e os argilominerais, contribuindo assim, para a composição físico-química da água regional (Mortatti & Probst, 1998).

Deste modo, a dinâmica sazonal de cheia, vazante, seca e enchente e o respectivo transporte dos sólidos tornam-se um fator chave para se entender o funcionamento físico-químico e composição química dos elementos traço nas águas e sedimentos da região do Alto Rio Madeira.

Outro fator importante, é a matéria orgânica nos sedimentos oriunda da floresta, os quais adsorvem os elementos traço. Além do mercúrio, outros metais-traço também são transportados pelos sólidos em suspensão e tem suas cargas afetadas por mudanças nos usos do solo da região, uma vez que a constituição geológica tem grande importância na composição dos rios e lagos que drenam metais e partículas dos solos, colaborando para a composição físico-química da água regional, além de sua representação no particulado em suspensão (Mortatti & Probst, 1998; Bonoto & Silveira, 2003).

Nos processos naturais as contribuições para o aumento da concentração de metais-traço em águas superficiais são o intemperismo de rochas e o escoamento superficial da água das chuvas após lavagem e lixiviação dos elementos do perfil do solo da região (Guilherme *et al.*, 2005). Nos processos antrópicos o aumento das concentrações de metais deve-se à liberação de efluentes e disposição inadequada de resíduos sólidos ou da deposição atmosférica e as alterações nas reações químicas



que controlam os mecanismos de adsorção e desadsorção de metais em partículas. A dinâmica dos sólidos em suspensão é um fator chave para se entender o funcionamento ecológico, ambiental e geoquímico de muitos rios, principalmente na região Amazônica e reflete os principais processos naturais e antrópicos dominantes na bacia de drenagem (Stumm & Morgan, 1996; Sioli *et al.*, 1967).

O **Quadro 2-36** apresenta as médias das concentrações dos elementos manganês (Mn) e zinco (Zn) e seus desvios padrões em amostras de peixes, para as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), por períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante) e fator fases do empreendimento versus períodos hidrológicos. A cheia de 2014 foi retirada das análises a seguir, pois nesse período as concentrações de manganês nas amostras de peixes foram menores que $0,50 \text{ mg kg}^{-1}$.

Quadro 2-36 – Concentrações médias e desvios padrões de Mn e Zn (mg kg^{-1}), em amostras de peixes, dispostas por fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante) e fases do empreendimento versus períodos hidrológicos.

NÍVEL	NÍVEL	NÍVEL	N	Mn		Zn	
				MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
Total			678	1,11	0,74	16,14	7,52
Fase	Rio		243	1,46	0,80	18,12	8,24
Fase	Enchimento		91	0,87	0,34	17,25	5,87
Fase	Operativa		444	0,85	0,63	14,05	6,45
Período	Seca		213	1,26	0,84	16,65	8,21
Período	Enchente		189	0,98	0,66	14,89	6,58
Período	Cheia		253	0,99	0,75	14,69	7,95
Período	Vazante		123	0,90	0,55	16,61	5,84
Fase*Período	Rio	Seca	66	1,61	0,85	15,22	9,87
Fase*Período	Rio	Enchente	66	1,67	0,75	20,37	7,52
Fase*Período	Rio	Cheia	66	1,47	0,81	19,65	7,97
Fase*Período	Rio	Vazante	45	0,91	0,50	16,66	5,38
Fase*Período	Enchimento	Seca	23	0,93	0,32	16,09	4,22
Fase*Período	Enchimento	Enchente	23	0,90	0,41	19,83	7,22

Quadro 2-36 – Concentrações médias e desvios padrões de Mn e Zn (mg kg^{-1}), em amostras de peixes, dispostas por fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante) e fases do empreendimento versus períodos hidrológicos – Continuação.

NÍVEL	NÍVEL	NÍVEL	N	Mn		Zn	
				MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
Fase*Período	Enchimento	Cheia	27	0,76	0,31	17,23	4,80
Fase*Período	Enchimento	Vazante	18	0,84	0,29	15,45	6,51
Fase*Período	Operativa	Seca	124	1,16	0,84	17,48	7,76
Fase*Período	Operativa	Vazante	100	0,90	0,61	16,80	5,94
Fase*Período	Operativa	Enchente	160	0,71	0,39	11,92	3,51
Fase*Período	Operativa	Cheia	60	0,52	0,28	8,09	2,85

*N – Número amostral; DP – Desvio padrão.

A análise de variância multivariada (ANOVA/MANOVA) (**Quadro 2-37**) foi feita para averiguar as hipóteses nulas e os níveis de significância das concentrações de manganês (Mn) e zinco (Zn) em amostras de peixes, entre as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), períodos hidrológicos (seca de 2009 a 2015 e enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016) e entre estes fatores. O teste mostrou haver diferenças significativas para todos os fatores. O valor de alfa adotado para o nível de significância foi de 0,05 (5%) para o teste de Wilks. Neste sentido a hipótese nula para o nível categórico fases do empreendimento, períodos hidrológicos e entre estes fatores foi rejeitada, indicando haver diferença significativa entre as médias para todos os fatores estudados.

Quadro 2-37 – Análise de Variâncias Multivariada das concentrações de manganês e zinco (mg kg^{-1}), em amostras de peixes, nas fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa), por períodos hidrológicos (seca de 2009 a 2015 e enchente, cheia e vazante de 2010 a 2016) e entre estes fatores.

	TEST	VALUE	F	EFFECT	ERROR	<i>p</i>
Intercept	Wilks	0,207142	1423,874	2	744	0,000000
Fases do empreendimento	Wilks	0,820160	38,765	4	1488	0,000000
Períodos hidrológicos	Wilks	0,949038	6,572	6	1488	0,000001
Fases * Períodos	Wilks	0,820219	12,917	12	1488	0,000000

A variabilidade encontrada entre os períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2009 a 2016) das concentrações de Mn e Zn mostrou-se significativa às diferenças entre as médias, sendo mais elevadas no período de seca para o manganês e de enchente para o zinco (**Figura 2-106** e **Figura 2-107**). A diferença nas concentrações de manganês e zinco nas amostras de peixes nas fases do empreendimento foi significativa, sendo evidenciada a diminuição das concentrações de manganês e zinco da fase rio para as fases enchimento e operativa (**Figura 2-108** e **Figura 2-109**).

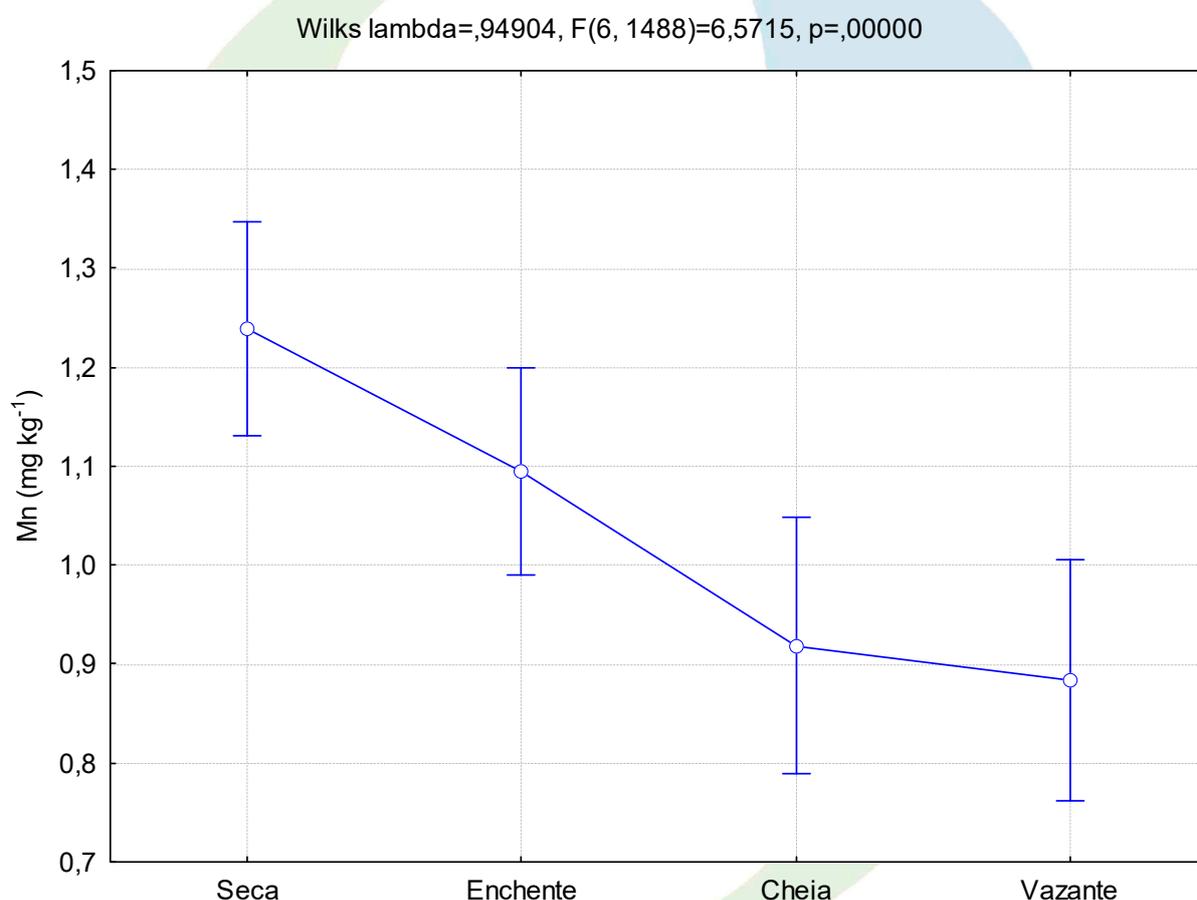


Figura 2-106 –Boxplot das concentrações de manganês em amostras de peixes, por período hidrológico, coletadas no rio madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau.

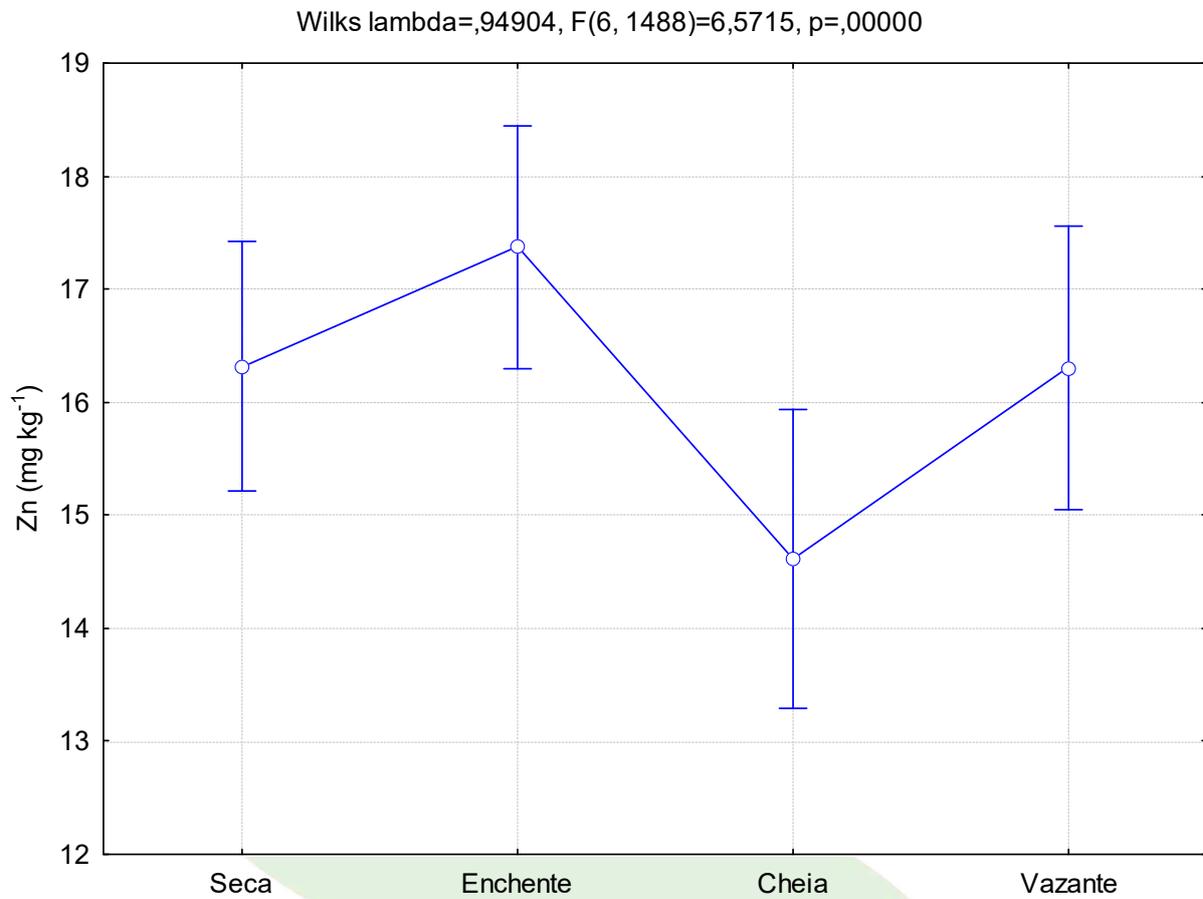


Figura 2-107 – Boxplot das concentrações de zinco em amostras de peixes, por período hidrológico, coletadas no rio madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau.



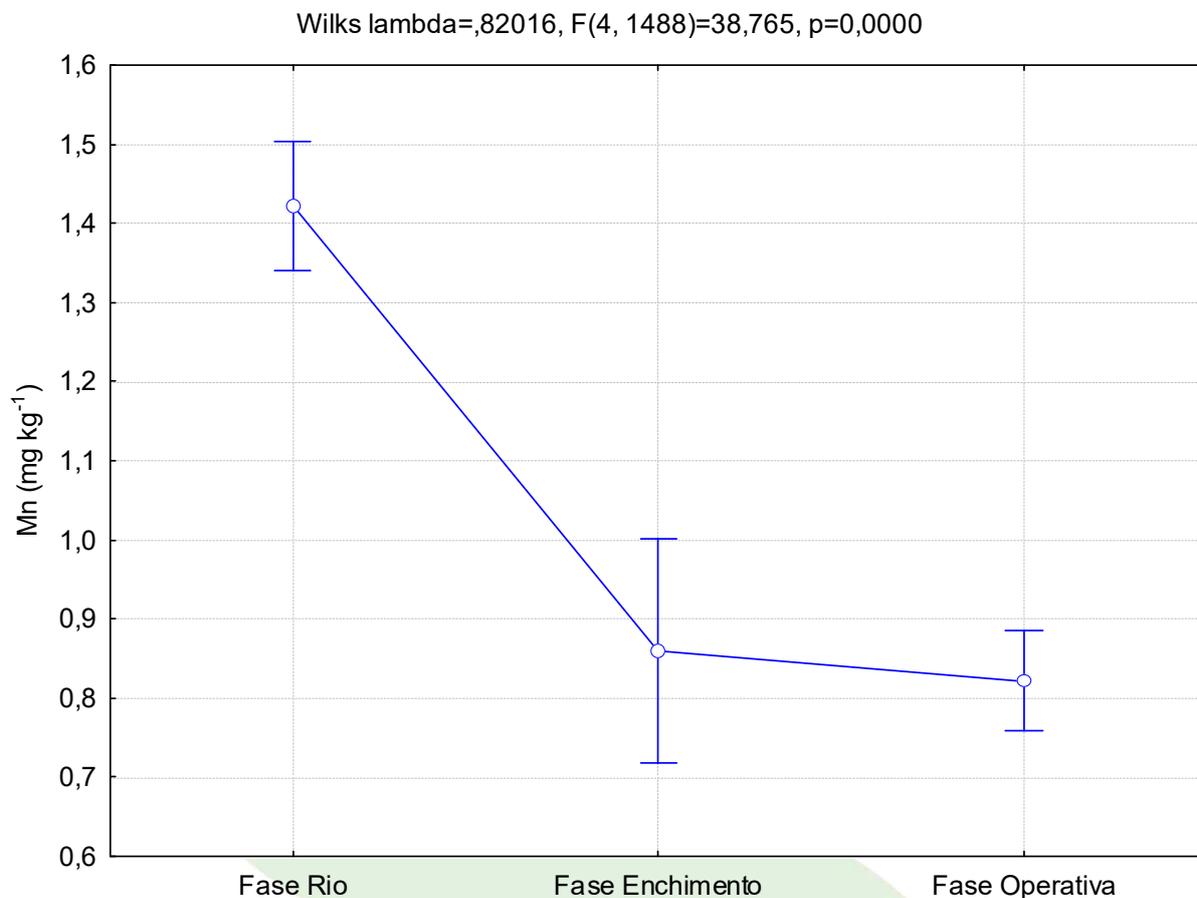


Figura 2-108 – Boxplot das concentrações de manganês em amostras de peixes, por fase do empreendimento (rio, enchimento e operativa), coletadas no rio madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, períodos hidrológicos de seca, enchente, cheia e vazante de 2009 a 2016.



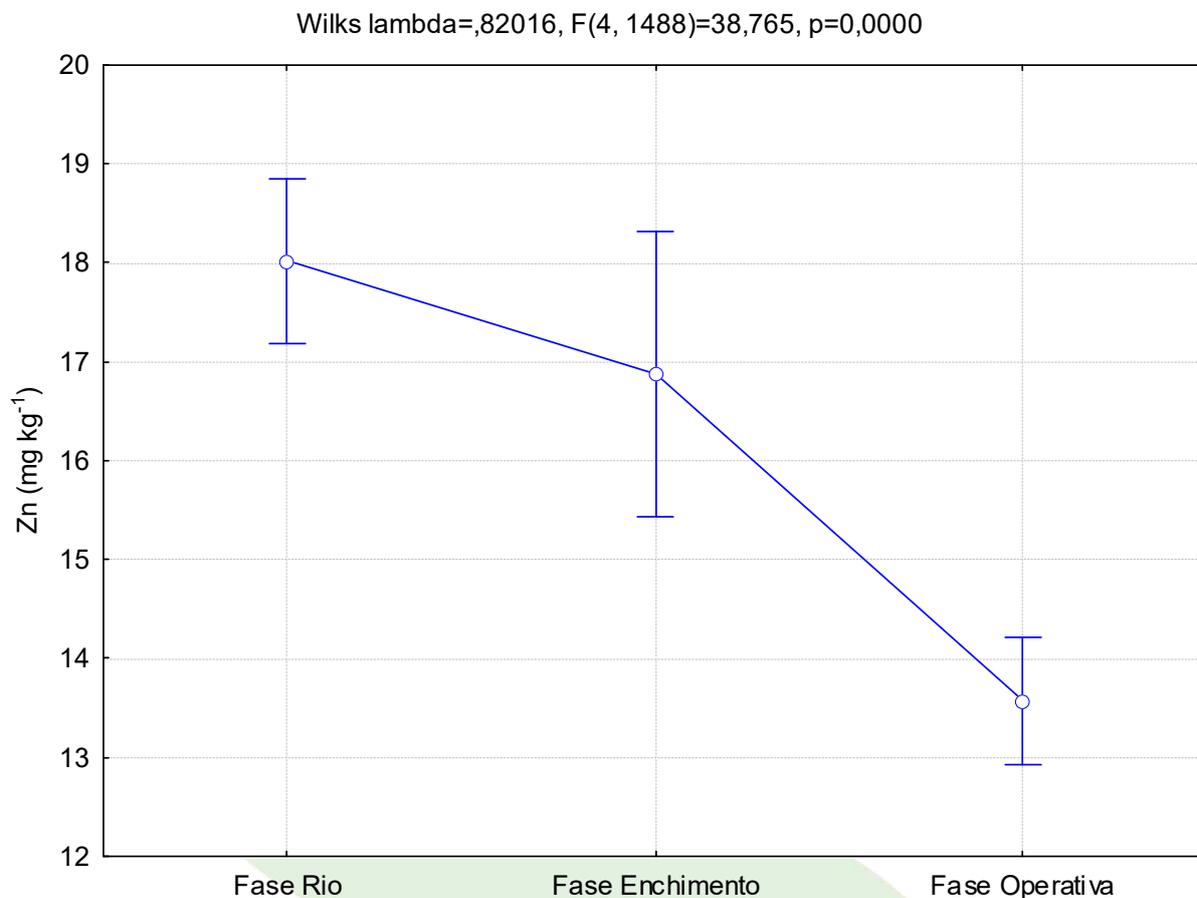


Figura 2-109 – Boxplot das concentrações de zinco em amostras de peixes, por fase do empreendimento (rio, enchimento e operativa), coletadas no rio madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, períodos hidrológicos de seca, enchente, cheia e vazante de 2009 a 2016.

A comparação entre os fatores períodos hidrológicos e fases do empreendimento para as concentrações de manganês e zinco, em amostras de peixes apresenta maiores valores médios de manganês e zinco na fase rio, com elevação das concentrações médias dos dois elementos no período hidrológico de enchente nesta fase do empreendimento. Na fase enchimento as maiores concentrações de Mn ocorreram na seca e de Zn na enchente. Já na fase operativa as maiores concentrações de Mn e Zn ocorreram no período hidrológico de seca (**Figura 2-110** e **Figura 2-111**).

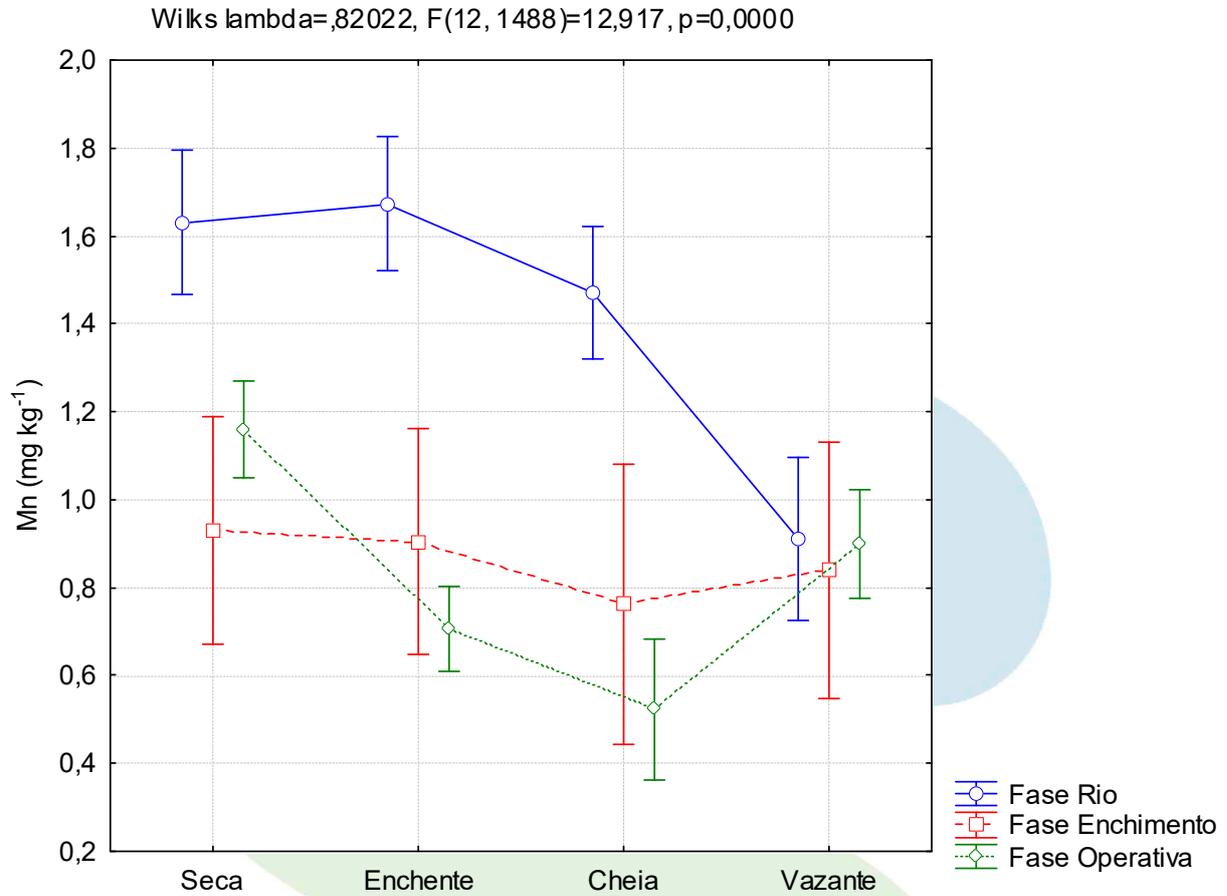


Figura 2-110 – Boxplot das comparações entre os períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2009 a 2016) e as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa) para as concentrações de manganês em amostras de peixes, coletados no rio madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau.



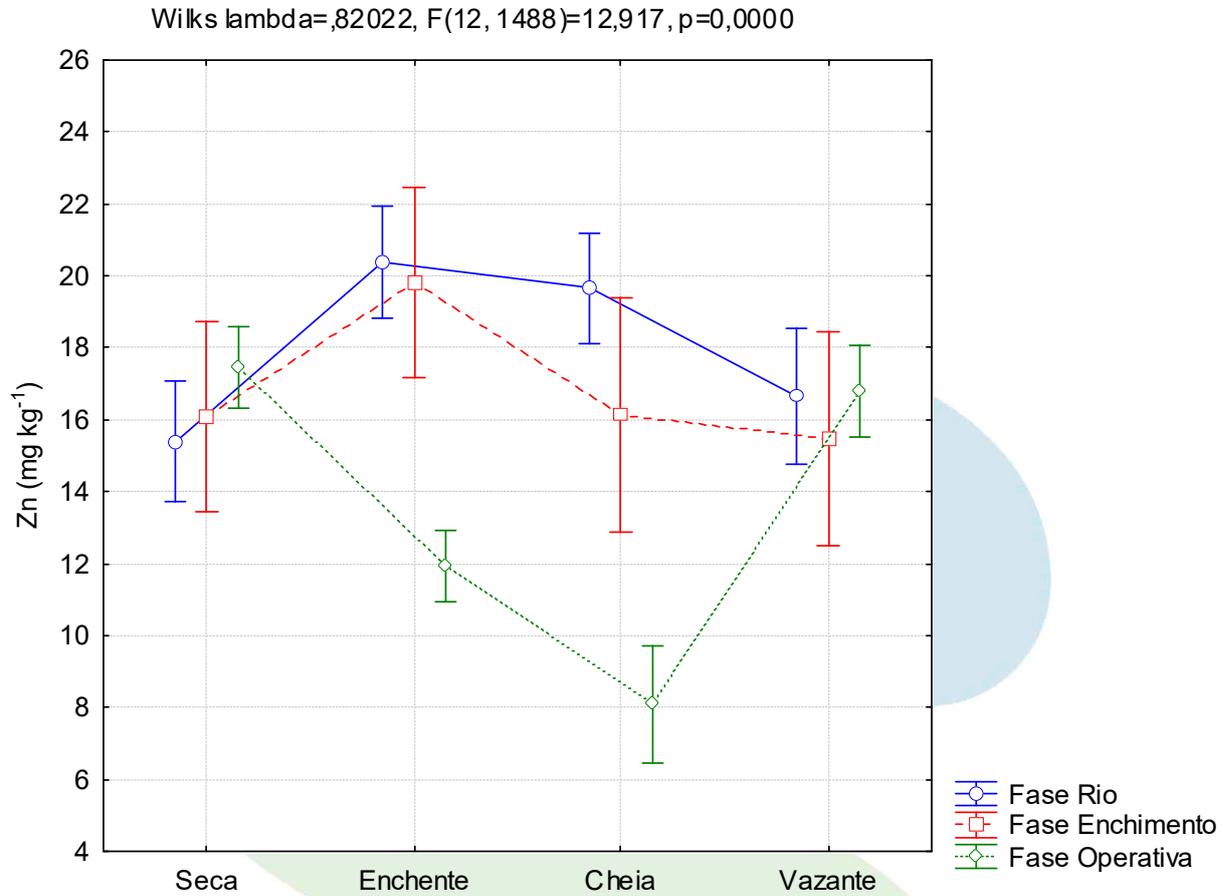


Figura 2-111 – Boxplot das comparações entre os períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante de 2009 a 2016) e as fases do empreendimento (rio, enchimento e operativa) para as concentrações de zinco em amostras de peixes, coletados no rio madeira e seus tributários, na área de influência direta e indireta da UHE Jirau.

2.5 INDICADORES

O **Quadro 2-38** apresenta o *status* de atendimento aos indicadores de desempenho do subprograma.

Quadro 2-38 – *Status* de atendimento aos indicadores de desempenho.

INDICADORES	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
Mensurar as variáveis físico-químicas (pH, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido e temperatura) e hidrológicas do sistema aquático. Em conformidade com a legislação/norma incidente.	Atendido	As análises dos parâmetros físicos e químicos são feitas trimestralmente durante todas as fases do empreendimento estão em consonância com o Programa de Monitoramento Limnológico e o Ciclo Hidrológico.
Analisar os elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn, na matriz abiótica água superficial. Em conformidade com a legislação/norma incidente.	Atendido	As análises dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn em amostras de água superficial, são feitas trimestralmente durante todas as fases do empreendimento estão em consonância com o Programa de Monitoramento Limnológico e o Ciclo Hidrológico.
Analisar os elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn, na matriz abiótica solo. Em conformidade com a legislação/norma incidente.	Atendido	Análises dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn em perfis de solo são feitas semestralmente, durante todas as fases do empreendimento e Ciclo Hidrológico.
Analisar os elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn, na matriz abiótica sedimento. Em conformidade com a legislação/norma incidente.	Atendido	Análises dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn em amostras de sedimento são feitas trimestralmente durante todas as fases do empreendimento em consonância com o Programa de Monitoramento Limnológico e Ciclo Hidrológico
Analisar os elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn, nas matrizes bióticas ictiofauna e mamíferos aquáticos e semiaquáticos. Em conformidade com a legislação/norma incidente.	Atendido	Análises laboratoriais dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn em consonância com o Programa de Conservação da Ictiofauna e Programa de Conservação da Fauna (Subprograma da Mastofauna Aquática)
Gerar banco de dados, estatística e integrar dos programas de monitoramento, para todos os indicadores analisados durante as campanhas de monitoramento.	Atendido	As informações das campanhas de campo e análise de laboratório, análises estatísticas e geoestatística estão sendo sintetizadas.

3 INTERFACES

O **Quadro 3-1** apresenta, de forma sucinta, as interfaces elencadas no PBA da UHE Jirau e o *status* quanto ao seu atendimento.

Quadro 3-1– *Status* de atendimento às propostas de interface com outros programas.

PROGRAMAS DE INTERFACE	PROPOSTA	STATUS DE ATENDIMENTO
Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico	Os resultados da quantificação de elementos traço nas amostras de água superficial e sedimento de fundo são disponibilizadas pelo Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço para o Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico.	Em atendimento: As concentrações de As, Cd, Cr, Se, Ni, Pb e Zn são disponibilizados trimestralmente para o Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, possibilitando análises estatísticas robustas.
Programa de Monitoramento Limnológico	Os resultados dos parâmetros físicos e químicos das amostras de água utilizados pelo Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço são disponibilizados através das campanhas realizadas no âmbito do Programa de Monitoramento Limnológico.	Em atendimento: Os dados de pH, oxigênio dissolvido, turbidez, contutividade, sólidos suspensos e temperatura da água são disponibilizados pela Programa de Monitoramento Limnológico trimestralmente.
Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico	Os resultados de cotas e vazões do rio Madeira utilizados pelo Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço são disponibilizados através das campanhas realizadas no âmbito do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico.	Em atendimento: Os dados de cotas e vazão do rio madeira são fornecidos trimestralmente.
Programa de Conservação e Monitoramento da Ictiofauna	As amostras de peixes utilizadas pelo Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço são disponibilizadas através das campanhas realizadas no âmbito do Programa de Conservação e Monitoramento da Ictiofauna.	Em atendimento: Amostras de peixes são coletadas e fornecidas pela empresa Naturae trimestralmente.
Programa de Comunicação Social	Divulgação dos dados em cartilhas, panfletos e folders são feitos pelo Programa de Comunicação Social em interface com o Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço	Em atendimento: Informações quanto aos resultados e andamento do Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço são fornecidos ao Programa de Comunicação Social para confecção de cartilhas, folders e panfletos.

Quadro 3-1– Status de atendimento às propostas de interface com outros programas – Continuação.

PROGRAMAS DE INTERFACE	PROPOSTA	STATUS DE ATENDIMENTO
Programa de Saúde Pública	Capacitação dos profissionais de saúde em consonância com o Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico.	Em atendimento: As capacitações são realizadas nos postos de saúde das comunidades na área de influência da UHE Jirau, sendo que são encaminhadas correspondência para avisar os profissionais quanto à data das capacitações.
Programa de Monitoramento de Macrófitas Aquáticas	As macrófitas aquáticas são disponibilizados através das campanhas realizadas no âmbito do Programa de Macrófitas Aquáticas.	Em atendimento: As amostras de macrófitas aquáticas são disponibilizados pelo Programa de Monitoramento de Macrófitas Aquáticas trimestralmente.
Programa Conservação da fauna - Subprograma da Mastofauna Aquática	Não se aplica, pois não são determinadas concentrações de elementos traço nesta matriz.	
Programa de Desmatamento	Não se aplica, pois não foi feito o acompanhamento das áreas desmatadas.	

4 ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA

O cronograma do Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço, juntamente com o *status* de atendimento do mesmo encontra-se apresentado no **Quadro 4-1**.

Quadro 4-1 – Cronograma de atividades do Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço.

Item	Atividade	P/R	2009		2010				2011				2012				2013				2014				2015				2016
			T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1
SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ELEMENTOS TRAÇO																													
1	Planejamento de Campo (Avaliação Ambiental)	P																											
		R																											
2	Campanhas de Campo (Material Biótico)	P																											
		R																											
3	Campanhas de Campo (Material Abiótico)	P																											
		R																											
4	Análises Laboratoriais	P																											
		R																											
6	Relatórios Semestrais	P																											
		R																											

Previsto
Realizado

5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO

As concentrações dos elementos traço encontrados nas amostras de água superficial (zinco e manganês) apresentaram considerável aumento da fase rio para as fases enchimento e operativa do empreendimento, entretanto estão abaixo do valor preconizado pela Resolução CONAMA 430/2011 referente aos corpos de água doce classe II e Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

As concentrações dos elementos traço nos perfis de solo evidenciaram um processo natural do estoque destes elementos no solo, sendo que não foram identificadas fontes de contaminação difusa. As amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira e tributários apresentaram valores de elementos traço abaixo dos valores de prevenção preconizado pela Resolução CONAMA nº 420/2009.

A análise de variâncias multivariadas das concentrações dos elementos traço cromo (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) na matriz sedimento apresentou diferenças significativas com o aumento das concentrações da fase rio para as fases enchimento e operativa do empreendimento. Entretanto, as concentrações dos elementos traço arsênio (As), cádmio (Cd), cromo (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), selênio (Se) e zinco (Zn) nas amostras de sedimento coletadas nos tributários e calha do rio Madeira estão abaixo dos níveis preconizados pela resolução CONAMA Nº 454/2012.

As concentrações dos elementos traço arsênio (As), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) determinados nas amostras de peixe estão abaixo dos níveis preconizados pela Portaria RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013.

As comparações múltiplas pareadas indicaram diferenças nas concentrações dos elementos traço na água superficial e no sedimento na fase rio do empreendimento quando comparado às fases enchimento e operativa do reservatório da UHE Jirau. O aspecto transiente deste fenômeno, bem como a duração do mesmo numa janela temporal, apenas poderão ser esclarecidos com a continuidade do programa de monitoramento.



Os resultados apresentados neste 7^a Relatório Semestral, que subsidia a solicitação de renovação da Licença de Operação no 1097/2012 referente ao Programa de Monitoramento Limnológico – Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço corroboram com os estudos apresentados na nota técnica referente a revisão do escopo do Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço, protocolada no IBAMA/SEDE no dia 08 de setembro de 2015 (correspondência IT/AT 1148-2015).

Portanto, para nova fase, solicitamos:

- Para os transectos estudados na matriz água (margem direita, centro e margem esquerda):

Não há diferenças significativas entre os dados obtidos nos 03 (três) pontos amostrais para os elementos arsênio (As), cádmio (Cd), crômio (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), selênio (Se) e zinco (Zn) na matriz água. Dessa forma, solicita-se que o transecto seja substituído pela coleta de uma única amostra no centro do corpo aquático, tendo em vista que ficou comprovado que não há diferenças significativas entre os 03 (três) valores obtidos para estes parâmetros. Manter-se ia a periodicidade das coletas trimestrais.

- Para os transectos estudados na matriz sedimento (margem direita, centro e margem esquerda):

Não há diferenças significativas entre os dados obtidos nos 03 (três) pontos amostrais para os elementos arsênio (As), cádmio (Cd), crômio (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), selênio (Se) e zinco (Zn) na matriz sedimento. Dessa forma, solicita-se que o transecto seja substituído pela coleta de uma única amostra no centro do corpo aquático, tendo em vista que ficou comprovado que não há diferenças significativas entre os 03 (três) valores obtidos para estes parâmetros. Manter-se ia a periodicidade das coletas trimestrais.

- Para os perfis estudos na matriz solo:

Os valores obtidos tanto nos perfis de solo mostram que os primeiros 5 cm diferem daqueles obtidos para as camadas mais profundas para elementos traço. Assim, uma análise dos primeiros 10 cm destas matrizes traria uma informação mais completa sobre possíveis alterações nos processos de enriquecimento e/ou perda neste compartimento. Dessa forma, solicita-se que o parâmetro elementos traço na matriz solo possa ser feita nos primeiros 10 cm superiores da interface.



Considerando o parâmetro elementos traço na matriz solo nos 02 (dois) diferentes períodos hidrológicos estudados, solicita-se que a amostragem seja feita em 01 (um) único período hidrológico, na vazante, tendo em vista que ficou comprovado que não há diferenças significativas entre os valores obtidos para este parâmetro na enchente e na vazante.

- Igarapé Ribeirão, Igarapé Araras e rio Mamoré:

Além das propostas apresentadas na nota técnica referente a revisão do escopo do Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço, com base nas análises apresentadas neste 7^a Relatório Semestral, solicita-se a retirada dos pontos P3-RIB e P4-ARA da malha amostral. Considerando que as concentrações de arsênio (As), cádmio (Cd), crômio (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), selênio (Se) e zinco (Zn) nas matrizes água superficial e sedimento de fundo, coletados nos pontos P3-ARA e P4-ABU, apresentaram baixa variabilidade em função das fases do empreendimento e períodos hidrológicos.

Solicita-se também a retirada do rio Mamoré (P1-MAM), tendo em vista que o mesmo não faz parte da área de influência do empreendimento. O **Quadro 5-1** e a **Figura 5-1** apresentam a malha amostral proposta.

Quadro 5-1 – Proposta de pontos de amostragem com descrições e coordenadas geográficas referentes ao plano de monitoramento ambiental de mercúrio no âmbito Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço da UHE Jirau.

PONTOS	DESCRIÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		LATITUDE (UTM)	LONGITUDE (UTM)
P2-MAD 1	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 1	240990	8857436
P5-ABU	Rio Abunã	232136	8929302
P6-MAD 2	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 2	232648	8934445
P7-SIZ	Igarapé Simãozinho	236442	8936771
P8-SIM	Igarapé São Simão	247667	8947925
P9-MAD 3	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 3	266960	8937744



Quadro 5-1 – Proposta de pontos de amostragem com descrições e coordenadas geográficas referentes ao plano de monitoramento ambiental de mercúrio no âmbito do Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço da UHE Jirau – Continuação.

PONTOS	DESCRIÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		LATITUDE (UTM)	LONGITUDE (UTM)
P10-CAS	Igarapé Castanho	266274	8937755
P11-MTP 1	Rio Mutum-Paraná	282932	8929404
P12-COT	Rio Cotia	282566	8929359
P13-MUT 1	Área alagada do Mutum	287058	8936335
P20-MTP 2	Foz do Mutum	289557	8937720
P14-MAD 4	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 4	291344	8939291
P15-LOU	Igarapé São Lourenço	297204	8960257
P16-CAI	Igarapé Caiçara	299438	8960269
P17-JIR	Igarapé Jirau	308123	8964160
P18-MAD 5	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 5	309788	8966289
P19-MAD 6	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 6	322688	8982823
P21-RAU	Igarapé Raul	313538	8975476





SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ELEMENTOS TRAÇO

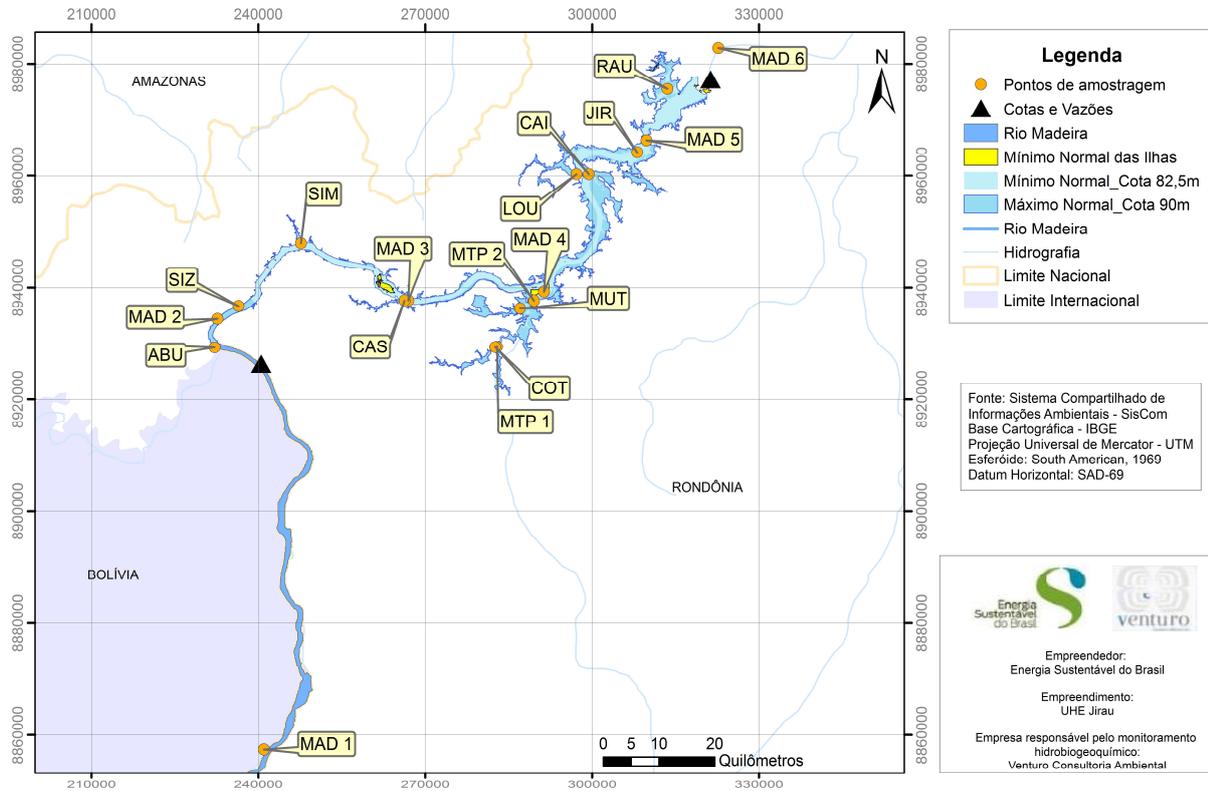


Figura 5-1 – Mapa do desenho amostral proposto para o Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço na área de influência direta e indireta da UHE Jirau, no rio Madeira e seus tributários.



5.1 PROPOSTA DE CRONOGRAMA PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO

A proposta de cronograma do Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço para a fase de pós-renovação da LO encontra-se apresentado no **Quadro 5-2**.

Quadro 5-2– Proposta de cronograma de atividades do Subprograma de Monitoramento de Elementos Traço

Item	Atividade	P/R	2016			2017				2018				2019				2020		
			T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3
SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ELEMENTOS TRAÇO																				
1	Planejamento de Campo (Avaliação Ambiental)	P																		
		R																		
2	Campanhas de Campo (Material Biótico)	P																		
		R																		
3	Campanhas de Campo (Material Abiótico)	P																		
		R																		
4	Análises Laboratoriais	P																		
		R																		
6	Relatórios Semestrais	P																		
		R																		

Previsto
Realizado

6 EQUIPE TÉCNICA

O **Quadro 6-1** apresenta a equipe técnica responsável pela execução do programa.

Quadro 6-1– Equipe técnica responsável pela execução do programa.

NOME	CARGO	CTF	ASSINATURA
Luiz Fabrício Zara	Coordenador geral	485251	
Ademir Santos	Especialista em análise de campo	2132749	
Julio C. Rocha	Especialista em mercúrio na Amazônia	5185347	
Wilson F. Jardim	Especialista em mercúrio na Amazônia	5397904	
Vanessa P. Franzini	Especialista em estudos de saúde humana	51853405	
Wllyane S. Figueiredo	Gestora Ambiental	5350612	
Tania M. da Silva	Gestora Ambiental	4340910	



6.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AALTO, R.; DUNNE T., GUYOT J.L. Geomorphic controls on Andean denudation rates. *Journal of Geology*, 114(1): 85-99, 2006.
- AALTO, R.; MAURICE-BOURGOIN, L.; DUNNE, T.; MONTGOMERY, D.R.; NITTRouer, C.A.; GUYOT, J.L. Episodic sediment accumulation on Amazonian food plains influenced by El Niño/Southern Oscillation. *Nature*, 425: 493-497, 2003.
- ANDARADE, R.C.B.; PATCHINEELAM, S.R. Especificação de metais-traço em sedimentos de florestas de manguezais com *Avicennia* e *Rhizophora*. *Rev. Química Nova*. 23: 733, 2000.
- BABY P., ROCHAT P., MASCLE G., HÉRAIL G. Neogene shortening contribution to crustal thickening in the back arc of the Central Andes. *Geology* 25: 883-886, 1997.
- BARRETO, W.J.; RIBEIRO, M.R.; SOLCI, M.C.; SCARMINIO, I.S.; NOZAKI, J.; DE OLIVEIRA, E.; BARRETO, S.R.G. Interpretation of seasonal variation of metals and abiotic properties in a tropical lake using multivariate analysis and MINTEQA2 program. *Analytical Sciences*, 213: 209-214, 2005.
- BERNARD, P.; ANTOINE, L.; BERNARD, L. Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management-application to a tropical lake system. *Ecological Modelling*, 178-295, 2004.
- BERNARDI, J.V.E.; FOWLER, H.G.; LANDIM, P.M.B. Um estudo de impacto ambiental utilizando análises estatísticas espacial e multivariada. *Holos Environmental*. 1-162, 2001.
- BERNARDI, J.V.E.; LACERDA, L.D.; DÓREA, J.G.; LANDIM, P.M.B.; GOMES, J.P.O.; ALMEIDA, R.; MANZATTO, A.G.; BASTOS, W.R. Aplicação da análise das componentes Principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no Alto Rio Madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. *Geochimica Brasiliensis*, 23-79, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS n.º 2914/2011/Ministério da Saúde – Brasília, Editora do Ministério da Saúde, 2005.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, Brasília, 2005.
- CABRAL, C. M. Projeto: Estudo da contaminação ambiental e humana por poluentes inorgânicos e orgânicos nos rios Guaporé, Mamoré e Madeira - RO com georeferenciamento dos dados a partir do uso de geoprocessamento (ESCOPOGEO). Sub-projeto: Análise de selênio em peixes, vegetais e solos do Lago Puruzinho – Amazônia, 2006.
- CASTANÉ, P.M.; ROVEDATTI, M.G.; TOPALIAN, M.L.; SALIBIAN, A. Spatial and temporal trends of physicochemical parameters in the water of the Reconquista River (Buenos Aires, Argentina). *Environmental Monitoring and Assessment*, 117-135, 2006.
- DOREA, J. G.; MOREIRA, M. B.; BARBOSA, A. A. C. Selenium and mercury concentrations in some fish species of the Madeira River, Amazon Basin, Brazil. *Biol. Trace Elem.* 65-211, 1998.
- DUNN O.J. Multiple Comparisons Using Rank Sums. *Technometrics*, 6(3): 241-252, 1964.
- ELBAZ-POULICHET, F.; SEYLER, P.; MAURICE-BOURGOIN, L.; GUYOT, J-L; DUPUY, C. Trace element geochemistry in the upper Amazon drainage basin (Bolivia). *Chemical Geology*. 157: 319-334, 1999.



- ELDAW, A.K.; SALAS, J.D.; GARCIA, L.A. Long-range forecasting of the Nile River Flows Using Climatic Forcing. *Journal of Applied Meteorology*, 27-890, 2003.
- FORAN, J.A. Toxic substances in surface waters. *Environm. Sci. Technol.* 24, 604, 1990.
- GALVÃO, R. C. F.; BERNARDI, J. V. E.; ALMEIDA, R.; BASTOS, W. R.; GOMES, J. P. O. Relação espacial do mercúrio e elementos traço em sedimento de fundo no alto rio Madeira. *Anais do Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul*. 51, 2007.
- GUYOT J.L., CALLE H., CORTES J., PEREIRA M. Transport de matières dissoutes et particulaires des Andes vers le Rio de La Plata par les tributaires boliviens (rios Pilcomayo et Bermejo) du Rio Paraguay. *Hydrological Sciences Journal*, 35(6): 653-665, 1990.
- GUYOT J.L., FILIZOLA N., QUINTANILLA J., CORTEZ J. Dissolved solids and suspended sediment yields in the Rio Madeira basin, from the Bolivian Andes to the Amazon. *Erosion and Sediment yield : Global and Regional Perspectives*, IAHS Publ. 236: 55-63, 1996.
- GUYOT, J.L.; JOUANNEAU, J.M.; SOARES, L.; BOAVENTURA, G.R.; MAILLET, N.; LAGANE, C. Clay mineral composition of river sediments in the Amazon Basin. *Catena*, 71, 340, 2007.
- GUYOT, J.L.; JOUANNEAU, J.M.; WASSON, J.G. Characterization of river bed and suspended sediments in the Madeira River drainage basin (Bolivian Amazonian), *Journal of South American Earth Sciences*, 12, 401, 1999.
- GUYOT J.L., ROCHE M.A., NORIEGA L., CALLE H., QUINTANILLA J. Salinities and Sediment Transport in the Bolivian Highlands. *Journal of Hydrology*, 113: 147-162, 1990.
- HOLLANDER M.; WOLFE D. A. *Nonparametric Statistical Methods*, Second Edition. John Wiley and Sons, New York, 1999.
- HORBE, A. M. C.; QUEIROZ, M. M. A.; MOURA, C. A. V.; TORO, M. A. G. Geoquímica das águas do médio e baixo rio Madeira e seus principais tributários - Amazonas - Brasil. *Acta Amazônica*. 43(4): 489-504, 2013.
- KONHAUSER, K.O.; FYFE, W.S.; KRONBERG, B.I. Multi-element chemistry of some Amazonian waters and soils. *Chemical Geology*. 111: 155-175, 1994.
- LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C.; SINHA, R. Tropical rivers. *Geomorphology*, 70, 187, 2005.
- LEHMANN E.L. *Nonparametrics: Statistical Methods Based on Ranks*. Holden-Day, San, 1975.
- LYONS, W.B. & BIRD, D.A. Geochemistry of the Madeira River, Brazil: comparison of seasonal weathering reactions using a mass balance approach. *Journal of South American Earth Sciences*, 8, 97, 1995.
- MACKAY, D.; CLARK, K.E. Predicting the environmental partitioning of organic contaminants and their transfer to biota. In: Jones, K.C. (ed) *Organic Contaminants in the Environment*. Environm. Managem. Series, Elsevier Science Pub, New York, 1991.
- MAIDMENT D.R., REED S.M., AKMANOV S., MCKINNEY D.C., OLIVERA F., Ye Z. *Digital atlas of the world water balance*. Center for Research in water Resources, University of Texas at Austin, 1997.
- MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; DEMATTE, J.L.I.; RICHEY, J.E.; DEVOL, A.H. Chemical and Mineralogical composition of Amazon River floodplain sediments. *Brazil. Appl. Geochem.* 8, 391, 1993.



- MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; DEVOL, A.H.; RICHEY, J.E.; FORSBERG, B.R. (1989) Suspended sediment load in the Amazon Basin: an overview. *GeoJournal*, 19, 381, 1989.
- MONTES-BOTELLA, C.; TENORIO, M.D. Water Characterization and Seasonal Heavy Metal Distribution in the Odiel River (Huelva, Spain) by Means of Principal Component Analysis. *Archives of Environmental Contamination & Toxicology*, 45, 436, 2003.
- MORTATTI, J.; FERREIRA, J.R.; MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; TANCREDI, A.C.F. Biogeochemistry of the Madeira River Basin. *GeoJournal*, 19, 391, 1989.
- NEMENYI P. Distribution-Free Multiple Comparisons. Unpublished Ph.D Thesis, 1963.
- PEREIRA, P.F.; SILVA, J.L.; MENDES, A.S.; SIQUEIRA, G.W. Avaliação do fósforo total e disponível em sedimentos da Plataforma Amazônica. *Anais do XL CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA*, 348, 2000.
- ROCHA, J.C.; SARGENTINI JÚNIOR, É.; ZARA, L.F.; ROSA, A.H.; SANTOS, A.; BURBA, P. Reduction of mercury(II) by tropical river humic substances (Rio Negro) - A possible process of the mercury cycle in Brazil *Talanta*, 53, 551, 2000.
- ROCHA, J.C.; SARGENTINI JÚNIOR, É.; ZARA, L.F.; ROSA, A.H.; SANTOS, A.; BURBA, P. Reduction of mercury(II) by tropical river humic substances (Rio Negro) - Part II. Influence of structural features (molecular size, aromaticity, phenolic groups, organically bound sulfur) *Talanta*, 61, 699, 2003.
- ROCHAT, P., HÉRAIL, G., BABY P, MASCLE, G. Bilan crustal et contrôle de la dynamique érosive et sédimentaire sur les mécanismes de formation de l'Altiplano. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et des planètes/ Earth and Planetary Sciences*, 328: 189-195, 1999.
- ROCHE M.A., FERNANDEZ C., ALIAGA A., PEÑA J., SALAS E., MONTAÑO J.L. Balance hídrico de Bolivia. Publ. UNESCO-PHICAB, 16 p. Second Edition. McGraw-Hill, New York, 1992.
- SEYLER, P.T. AND BOAVENTURA, J. R. Distribution and partition of trace metals in the Amazon Basin. *Hydrological Processes*. 17: 1345–1361, 2003.
- SEYLER, P.T.; BOAVENTURA, G. R. Trace elements in the mainstream Amazon river. In: McClain, M.E.; Victoria, F.R.L.; Richey, J.E. (Eds). *The biogeochemistry of the Amazon basin*. Oxford Press, 2001.
- SIEGEL S.; CASTELLAN N. J. *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*, 1988.
- SIQUEIRA, G. W.; PEREIRA, S. F. P.; APRILE, F. M.; Determinação dos elementos-traço (Zn, Co e Ni) em sedimentos da Plataforma Continental Amazônica sob influência da descarga do rio Amazonas *Acta Amazônica*, 36,321, 2006.
- WREN, C. D.; Maccrimmon, H. R. Examination of bioaccumulation and biomagnification of metals in a precambrian shield lake *Water Air Soil Pollut.* 19, 27791, 1983.

Goiânia, 31 de março de 2016





Dr. Luiz Fabrício Zara

Dr. Ademir dos Santos

Dr. Julio César Rocha

Dr. Wilson Figueiredo Jardim

Venturo Consultoria Ambiental

