

Figura A2.63 – Variação espacial do índice de SST na data 30/12/2016 – Córrego Santarém.

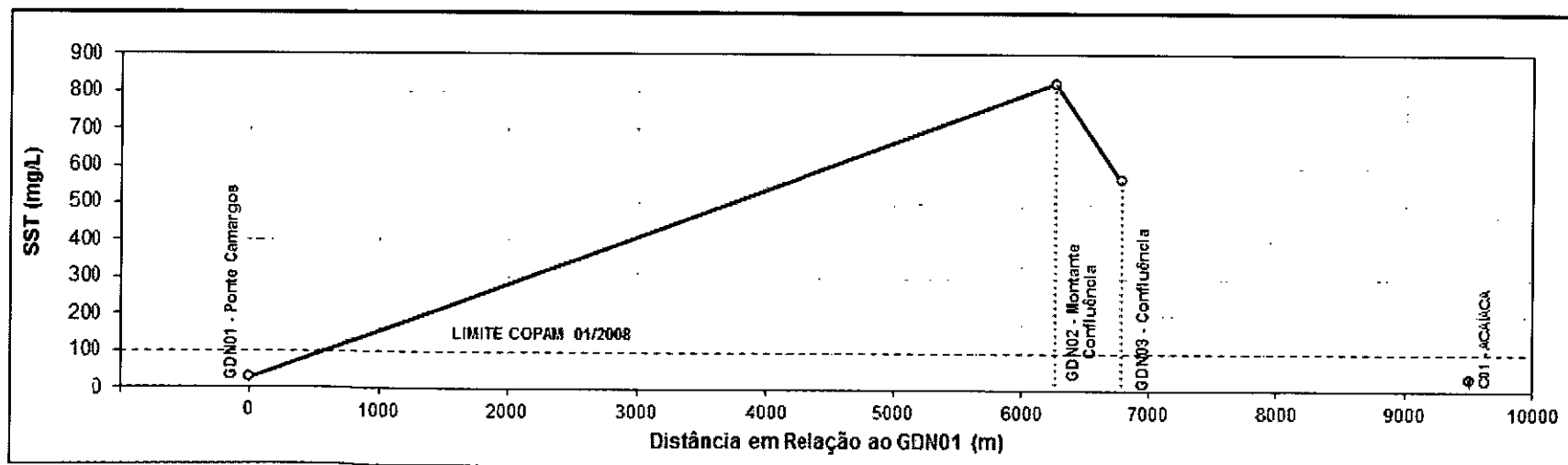
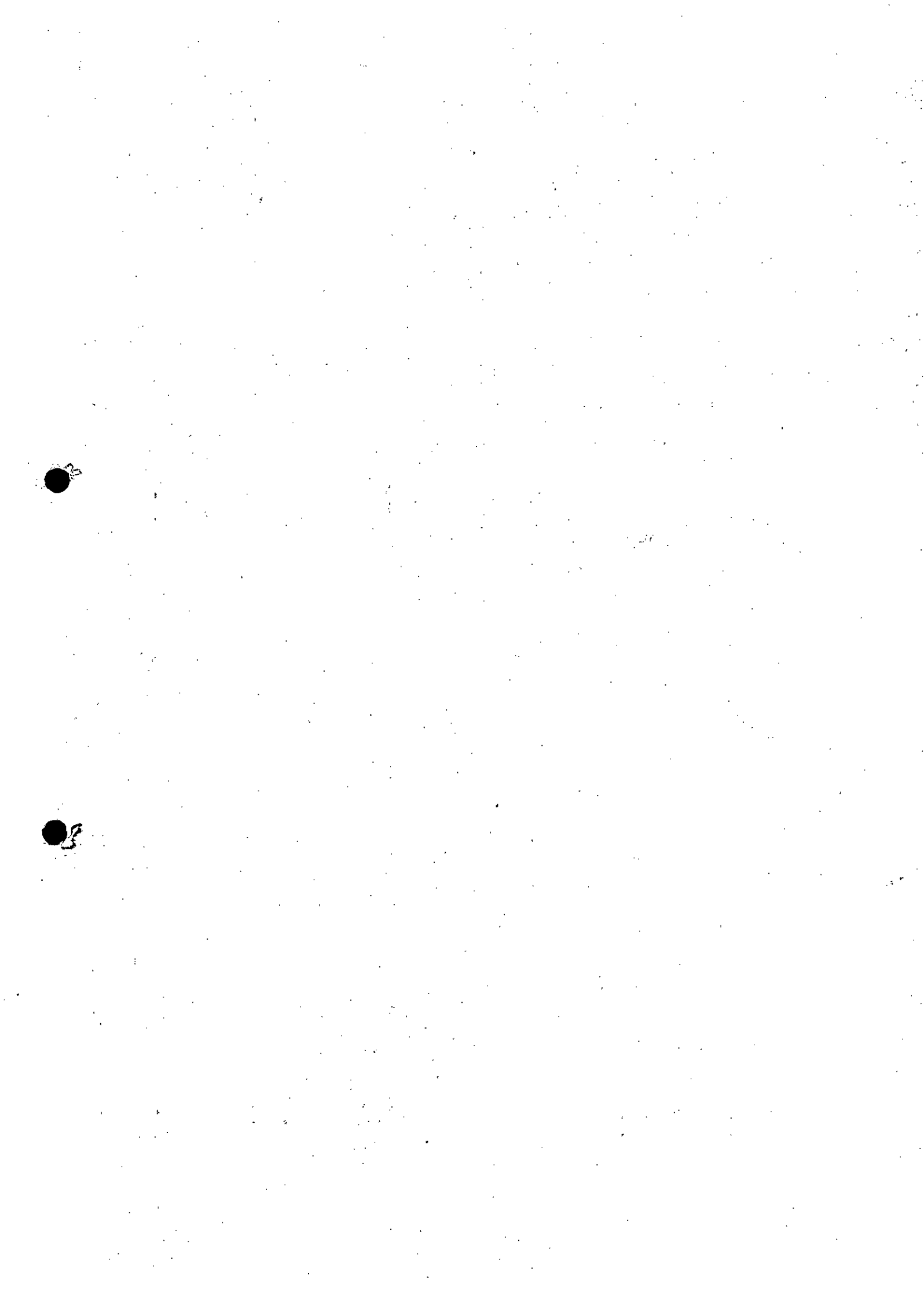


Figura A2.64 – Variação espacial do índice de SST na data 30/12/2016 – Rio Gualaxo do Norte.



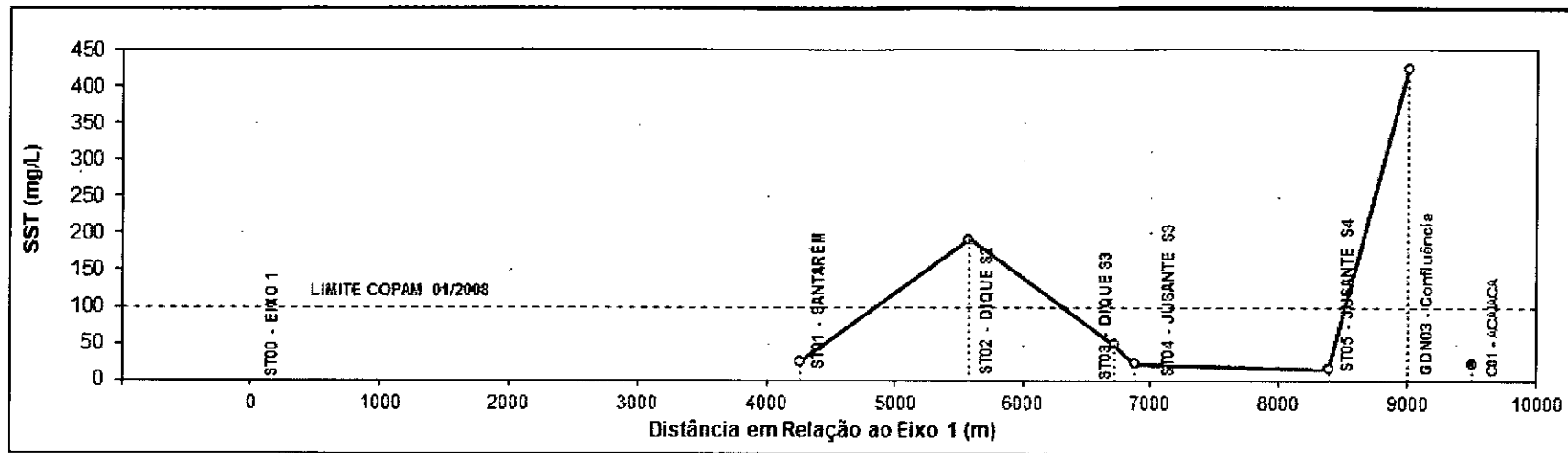


Figura A2.65 – Variação espacial do índice de SST na data 31/12/2016 – Córrego Santarém.

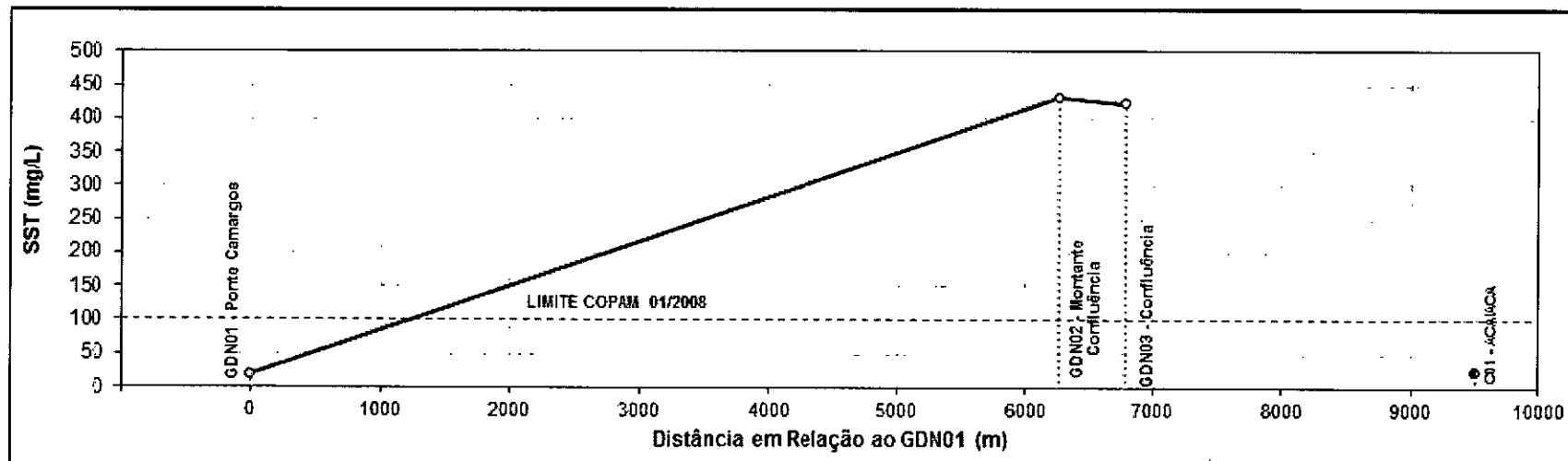
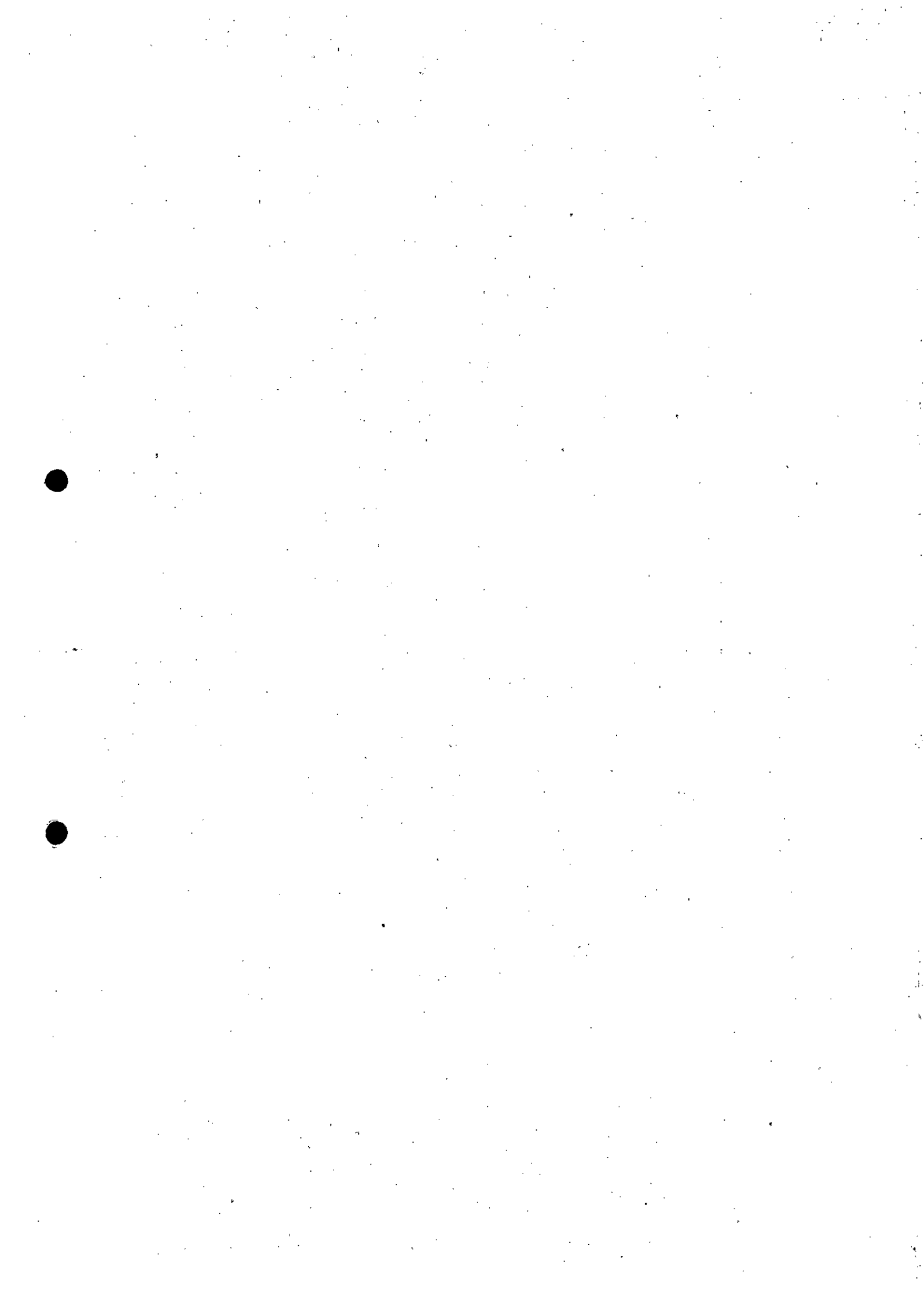


Figura A2.66 – Variação espacial do índice de SST na data 31/12/2016 – Rio Gualaxo do Norte.



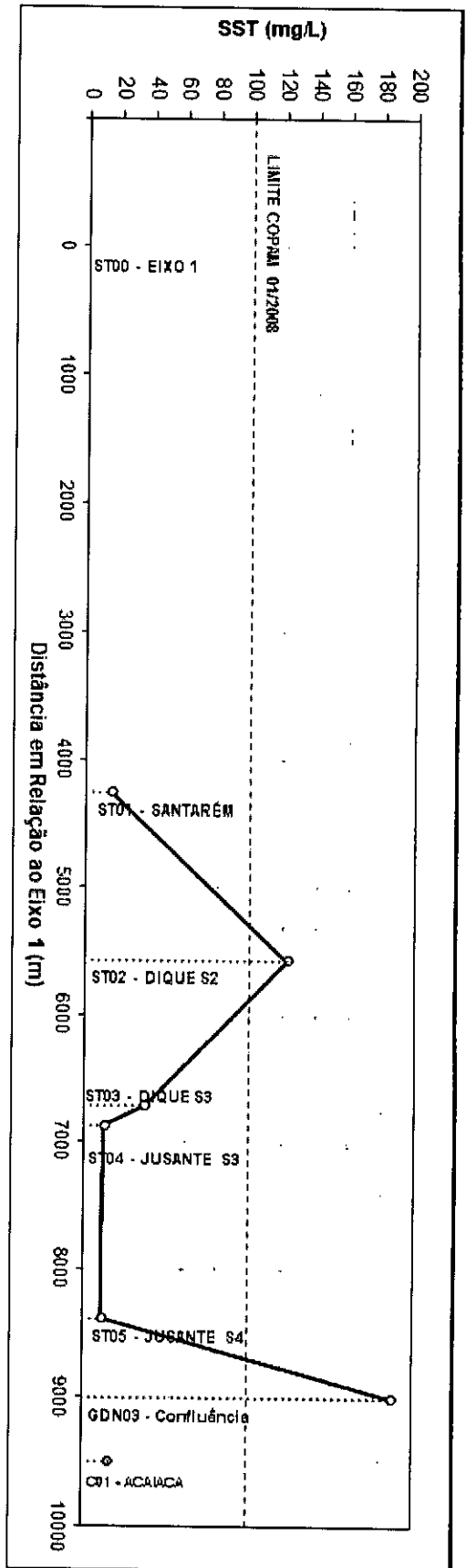


Figura A2.67 – Variação espacial do índice de SST na data 01/01/2017 – Córrego Santarém.

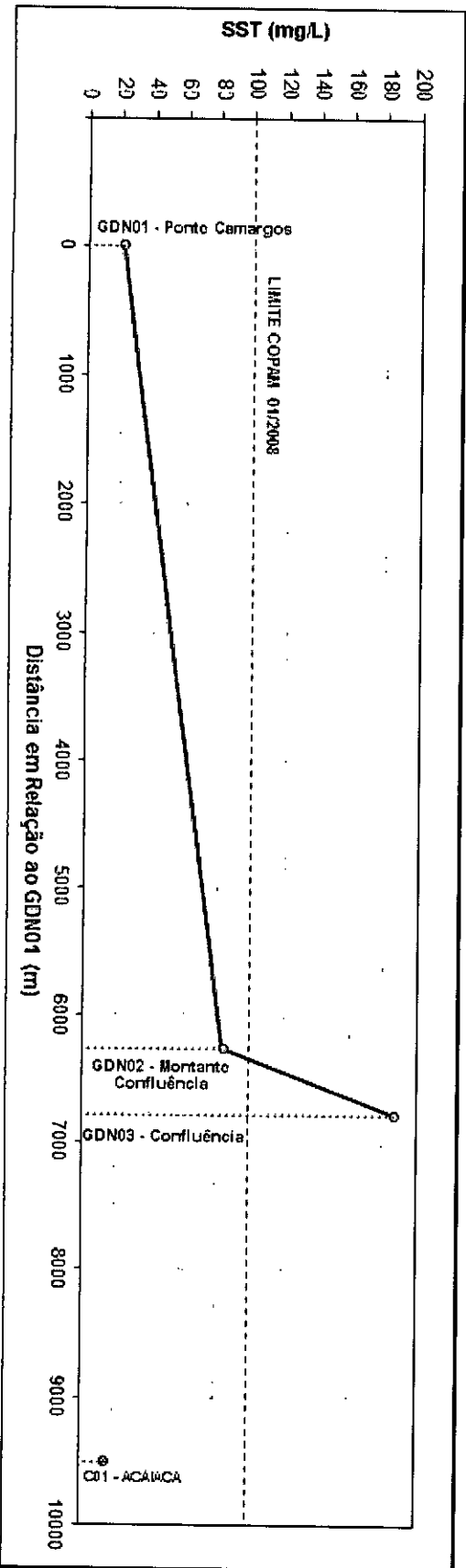


Figura A2.68 – Variação espacial do índice de SST na data 01/01/2017 – Rio Galaxo do Norte.

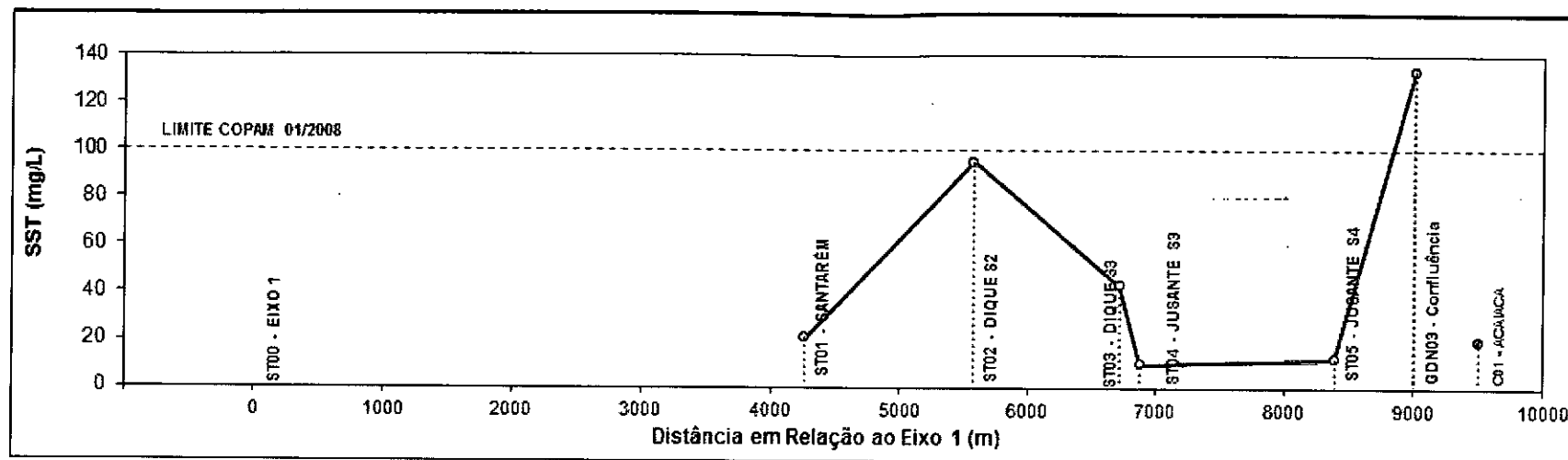


Figura A2.69 – Variação espacial do índice de SST na data 02/01/2017 – Córrego Santarém.

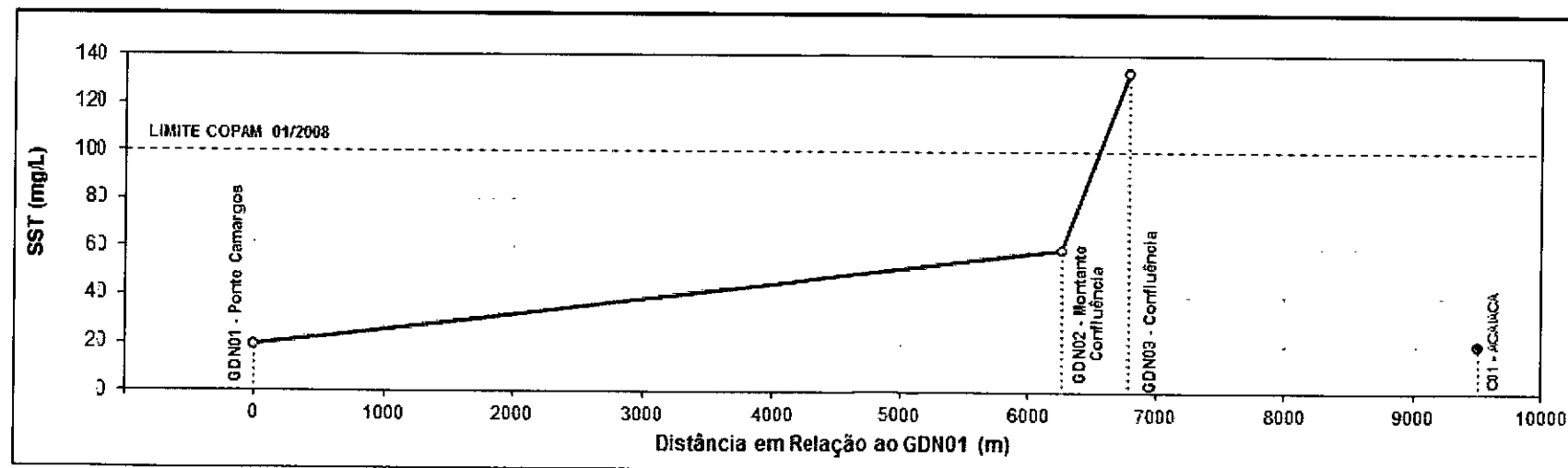
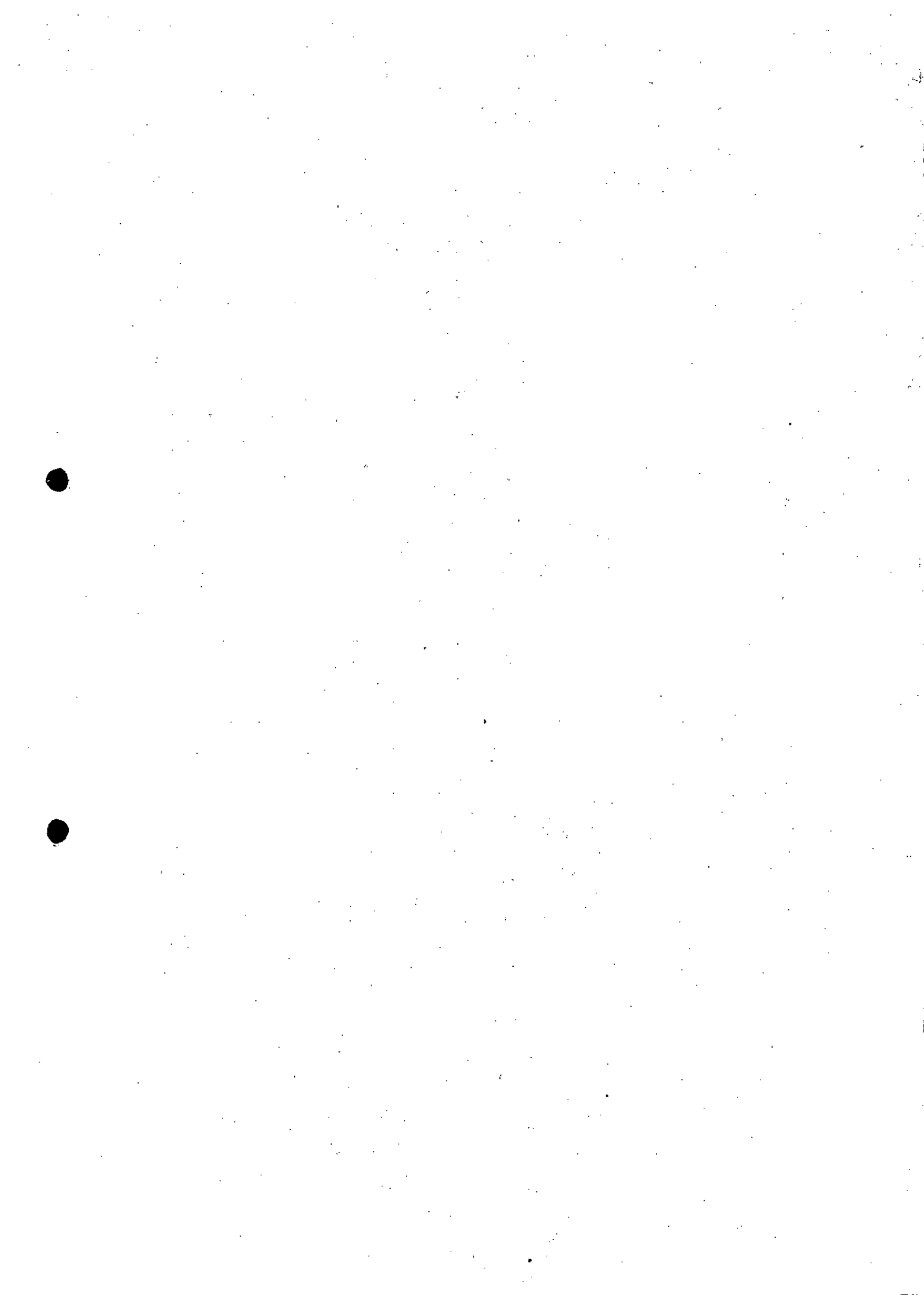


Figura A2.70 – Variação espacial do índice de SST na data 02/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



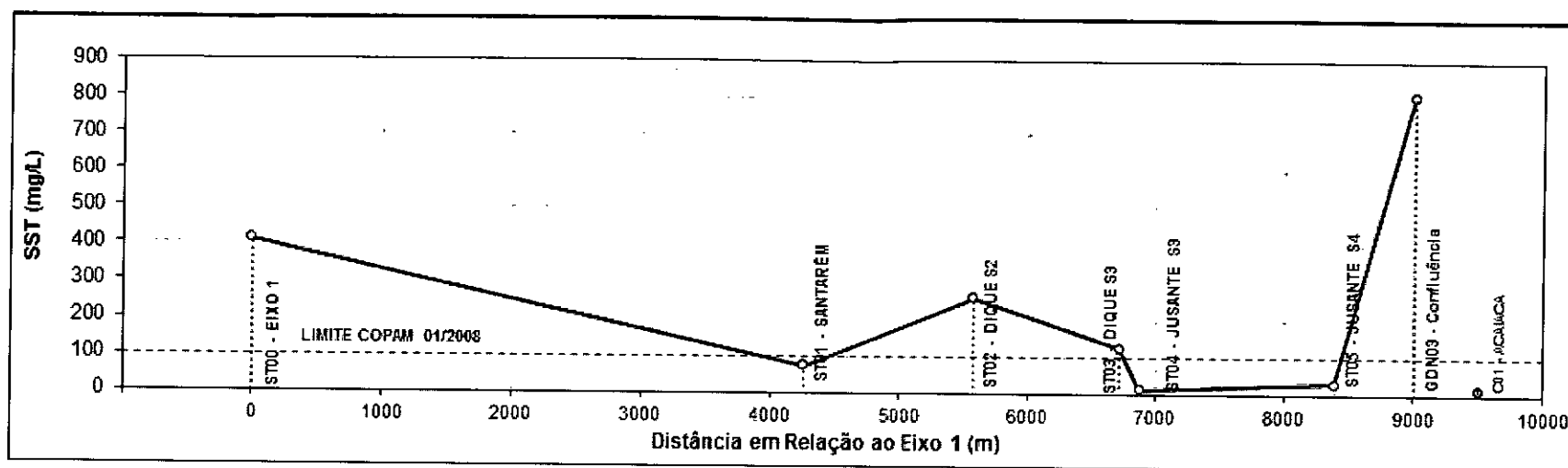


Figura A2.71 – Variação espacial do índice de SST na data 03/01/2017 – Córrego Santarém.

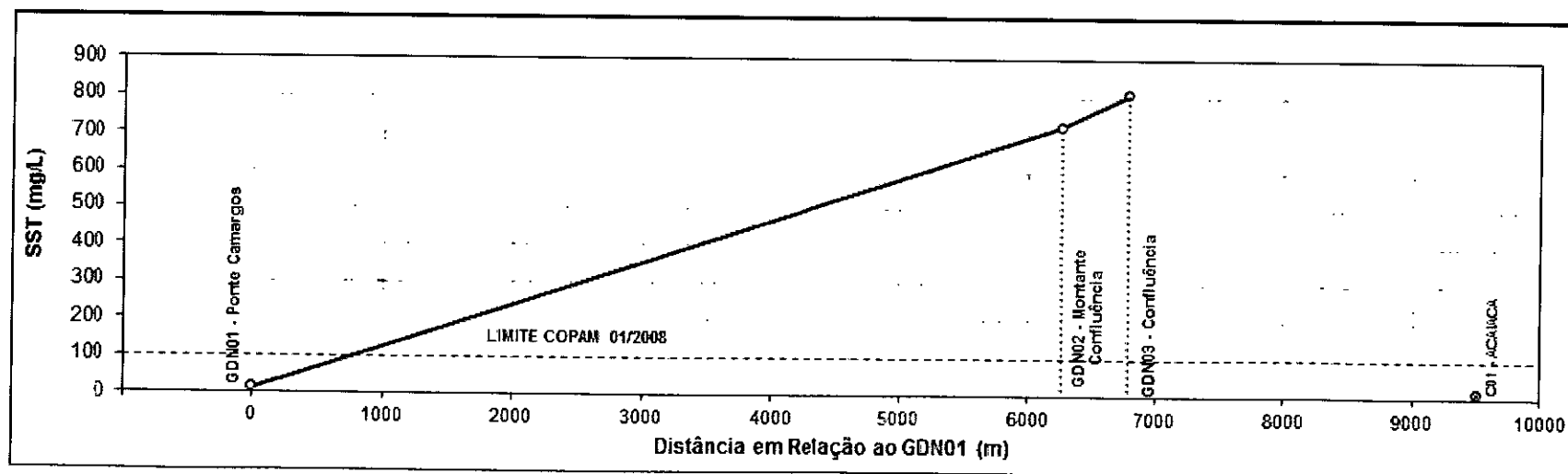
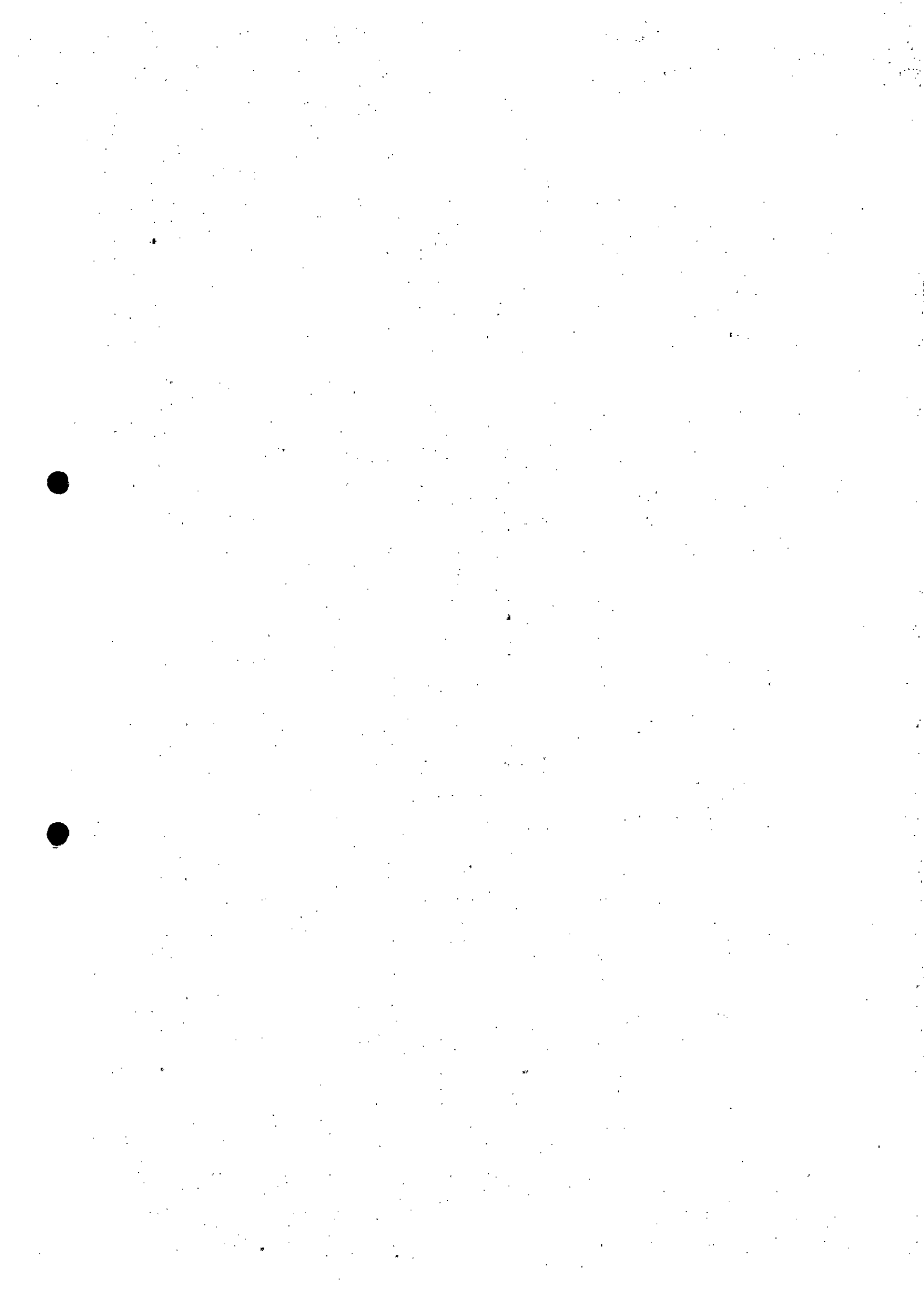


Figura A2.72 – Variação espacial do índice de SST na data 03/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



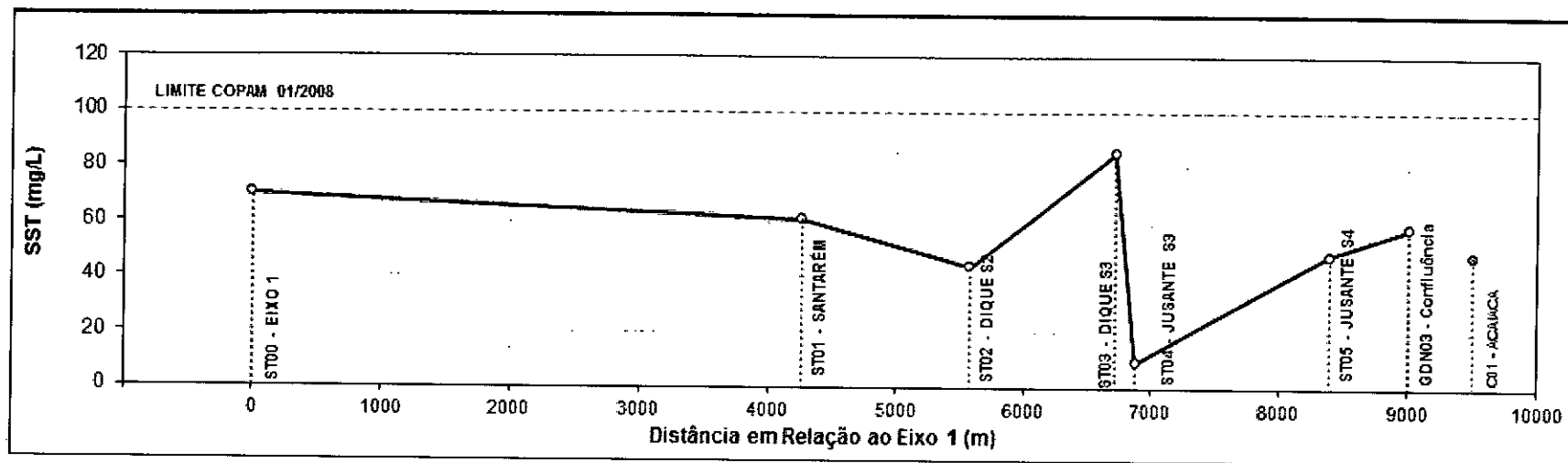


Figura A2.73 – Variação espacial do índice de SST na data 04/01/2017 – Córrego Santarém.

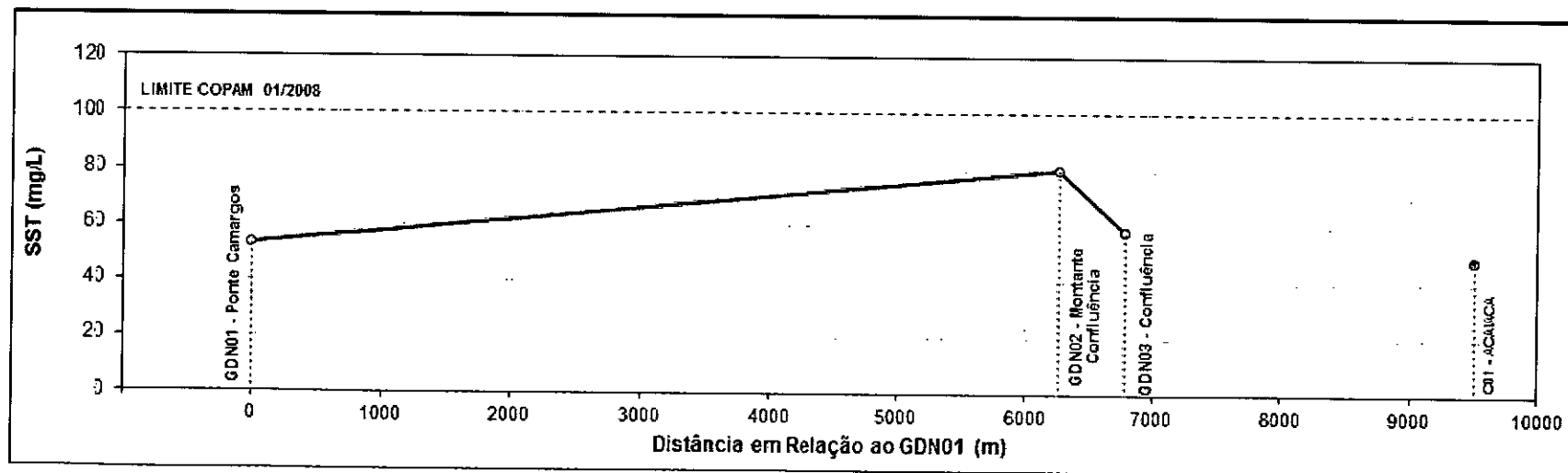
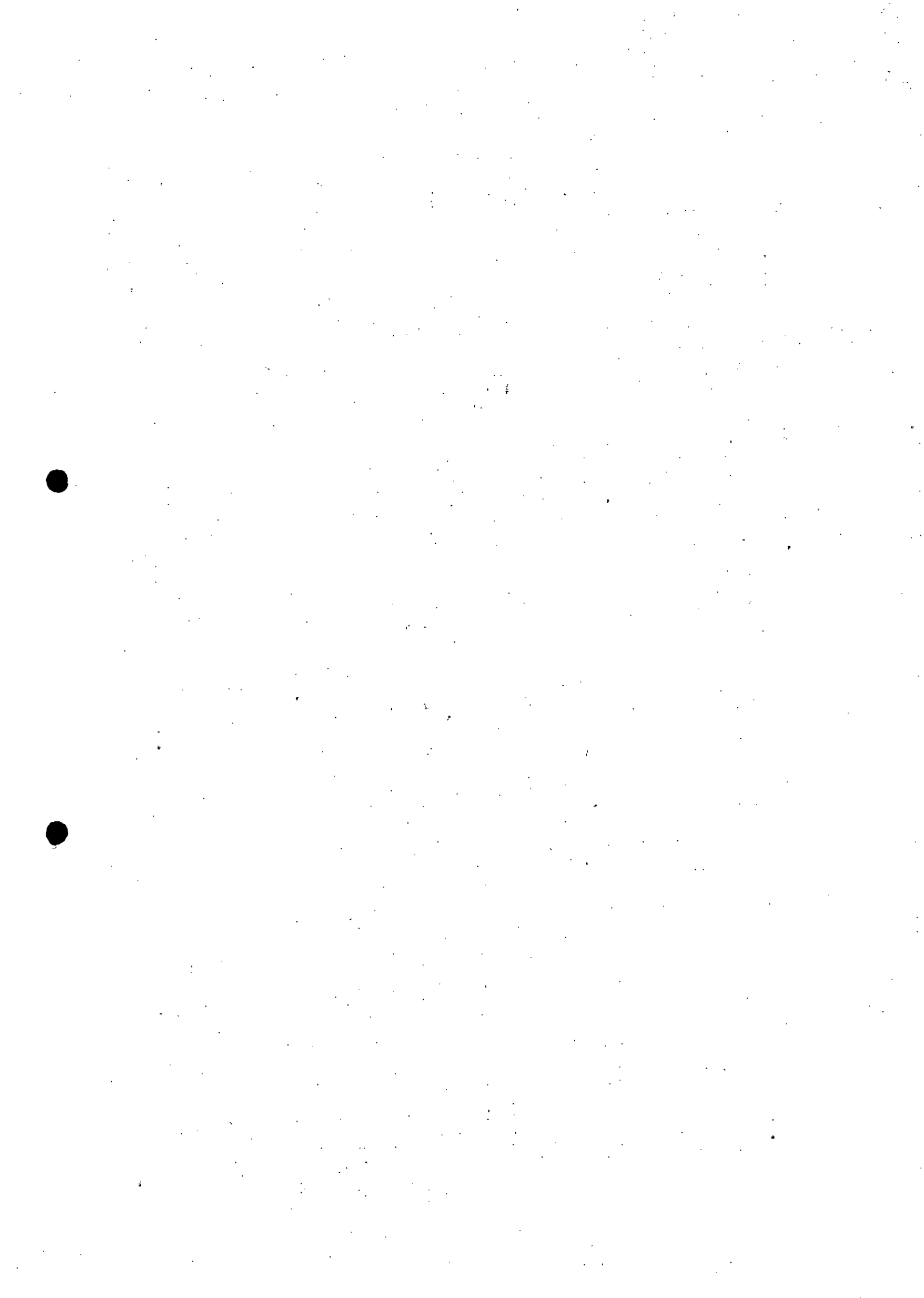


Figura A2.74 – Variação espacial do índice de SST na data 04/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



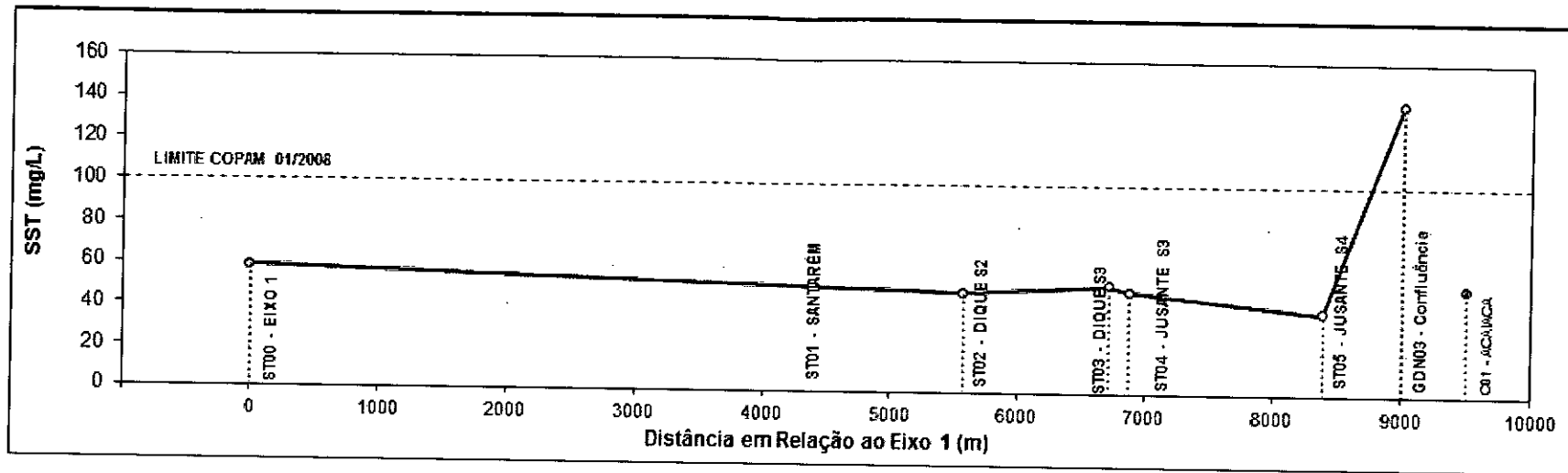


Figura A2.75 – Variação espacial do índice de SST na data 05/01/2017 – Córrego Santarém.

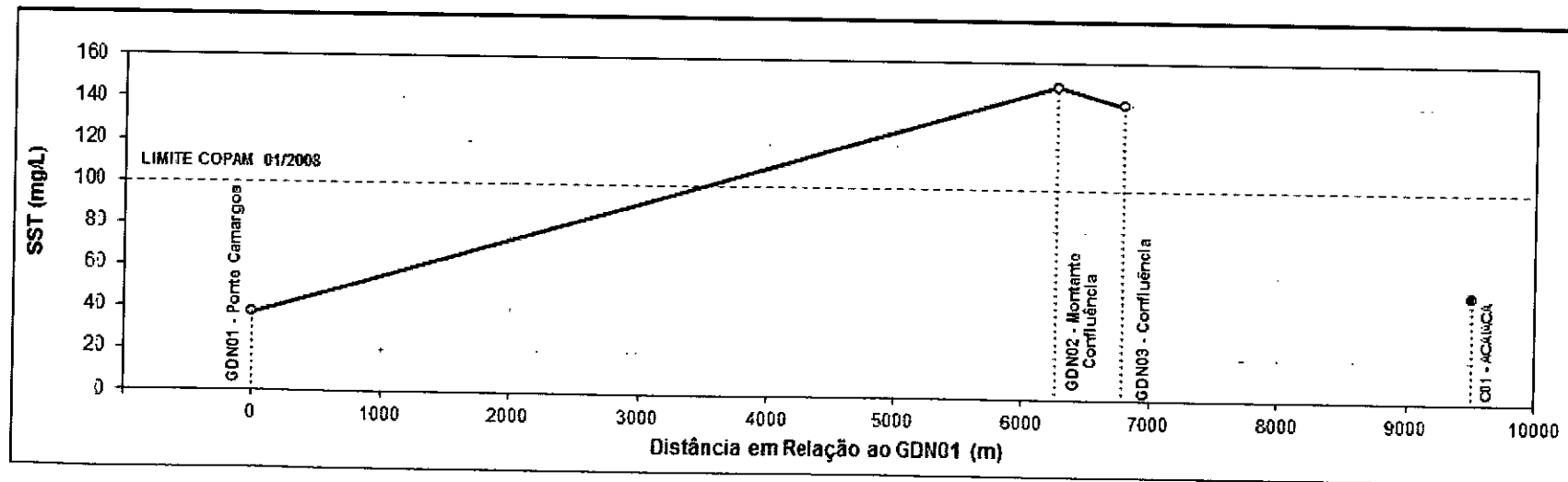


Figura A2.76 – Variação espacial do índice de SST na data 05/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



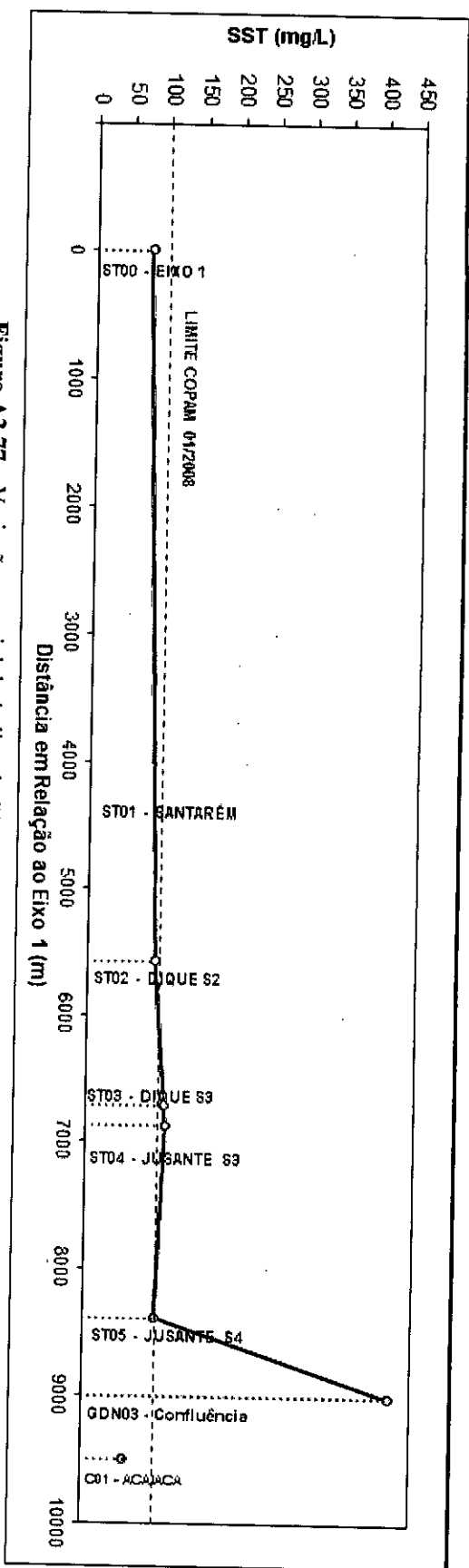


Figura A2.77 – Variação espacial do Índice de SST na data 06/01/2017 – Córrego Santarém.

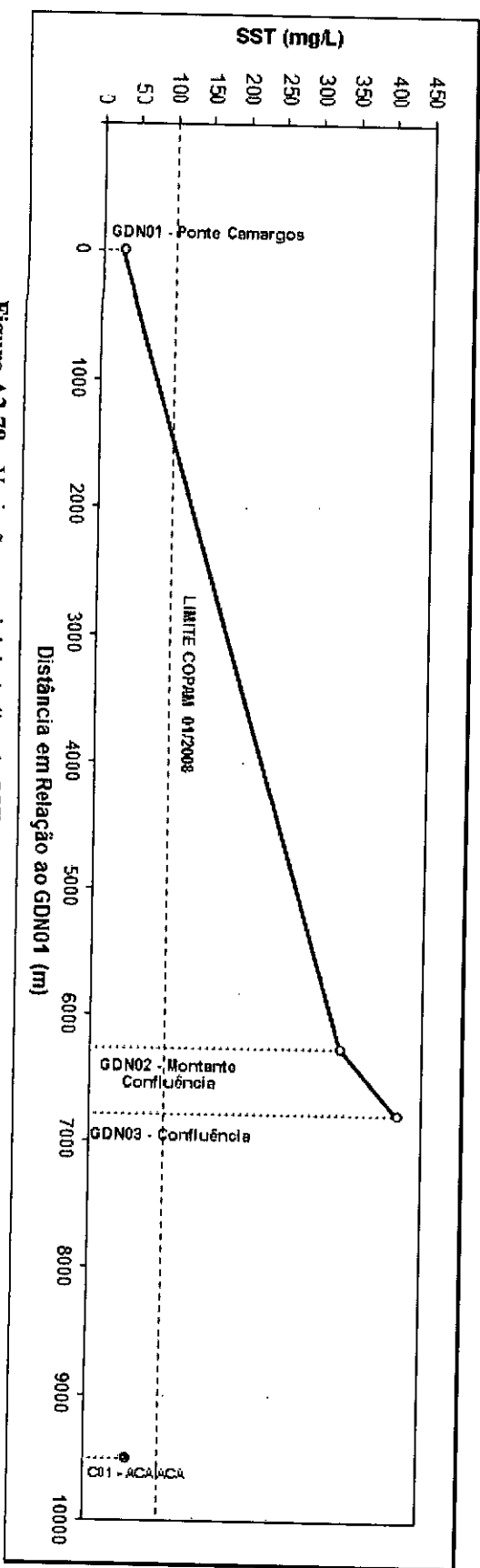
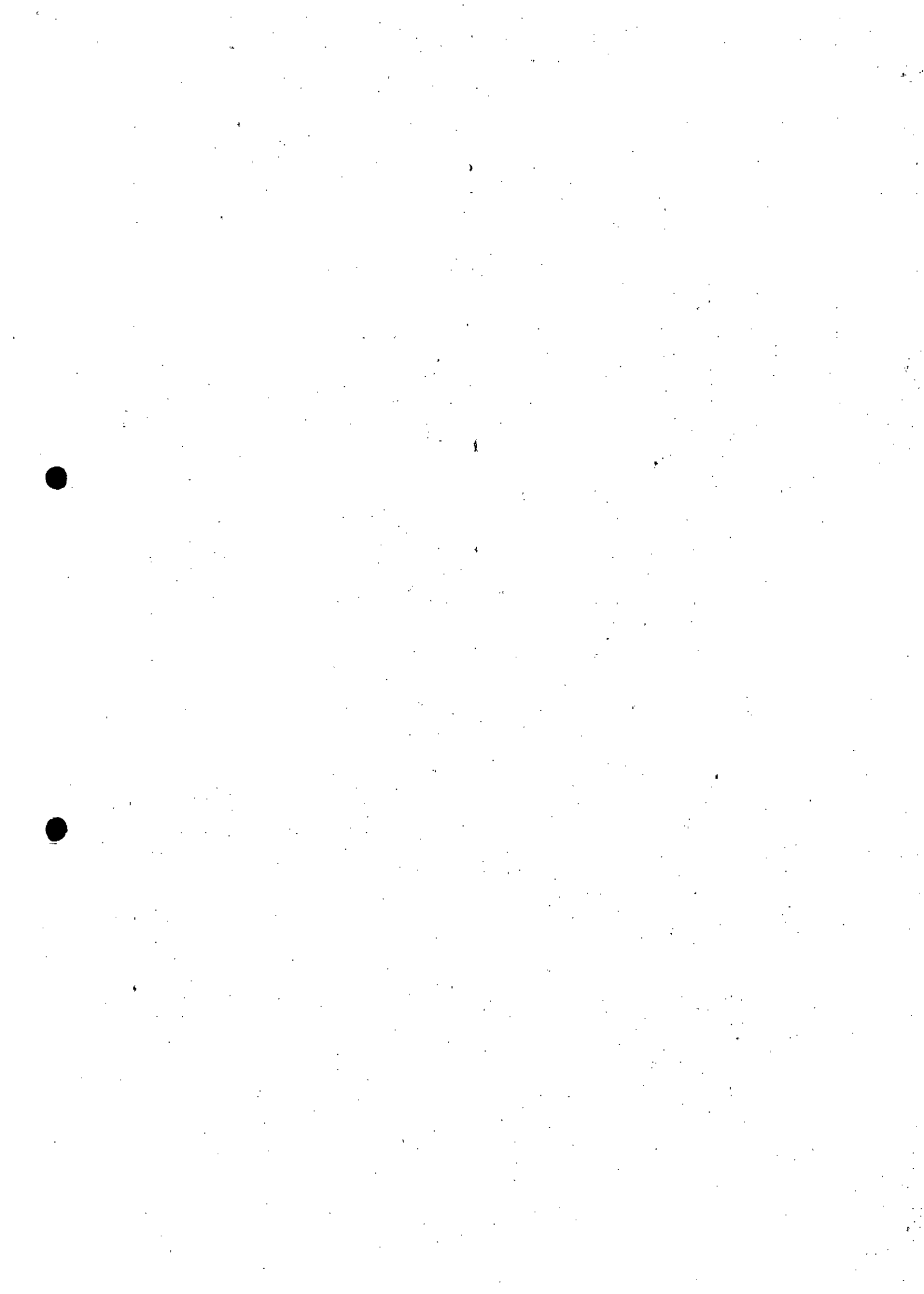


Figura A2.78 – Variação espacial do Índice de SST na data 06/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



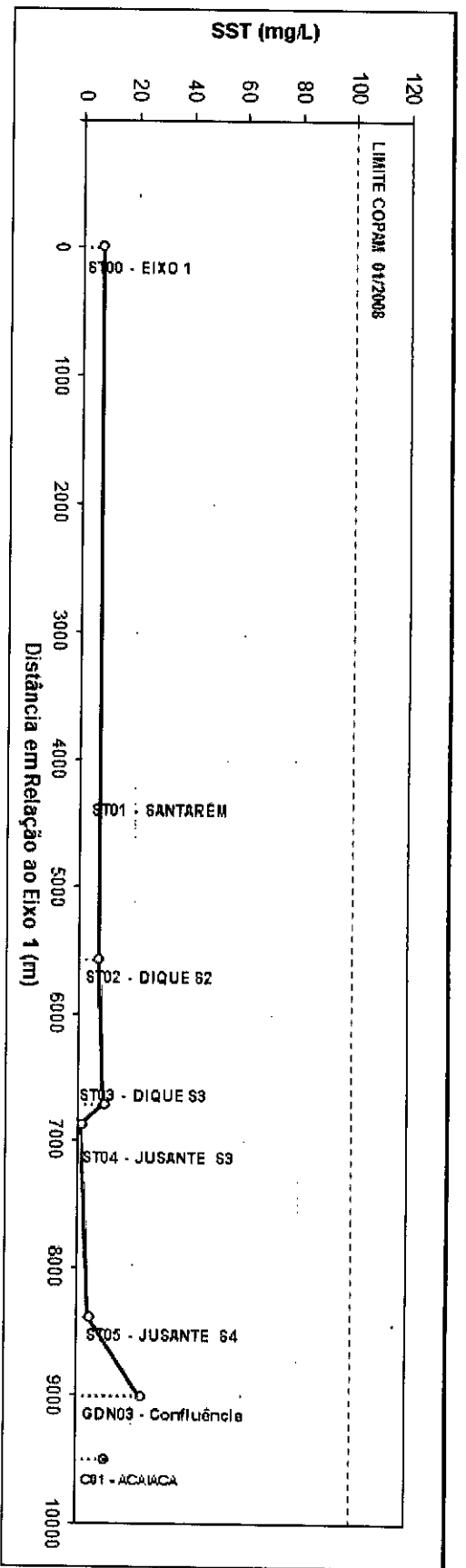


Figura A2.79 – Variação espacial do índice de SST na data 07/01/2017 – Córrego Santarém.

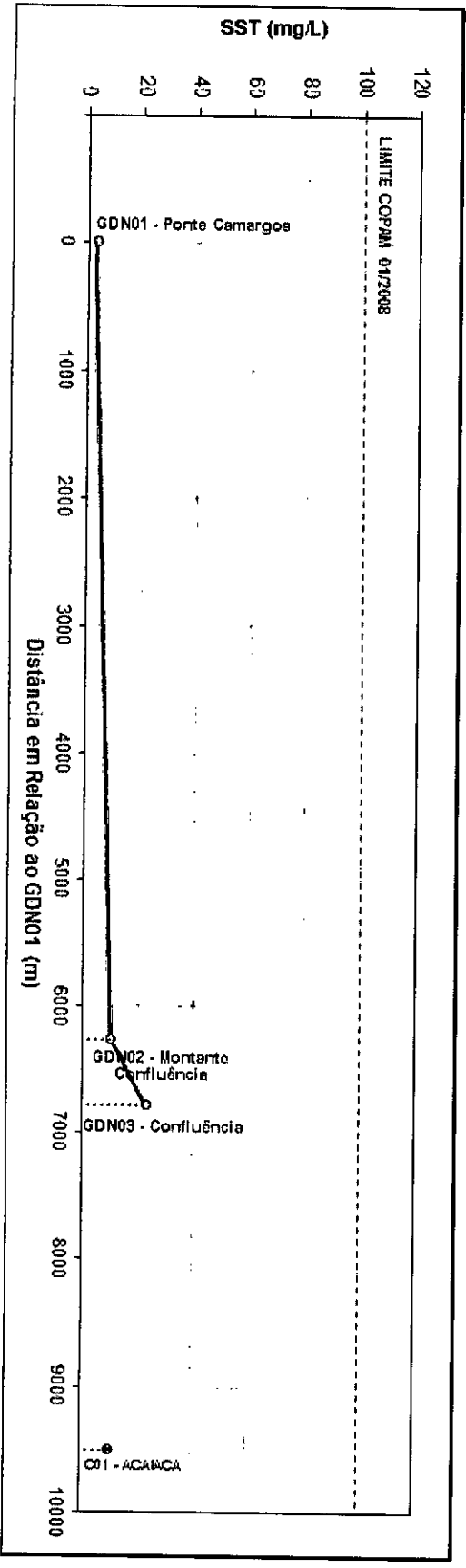
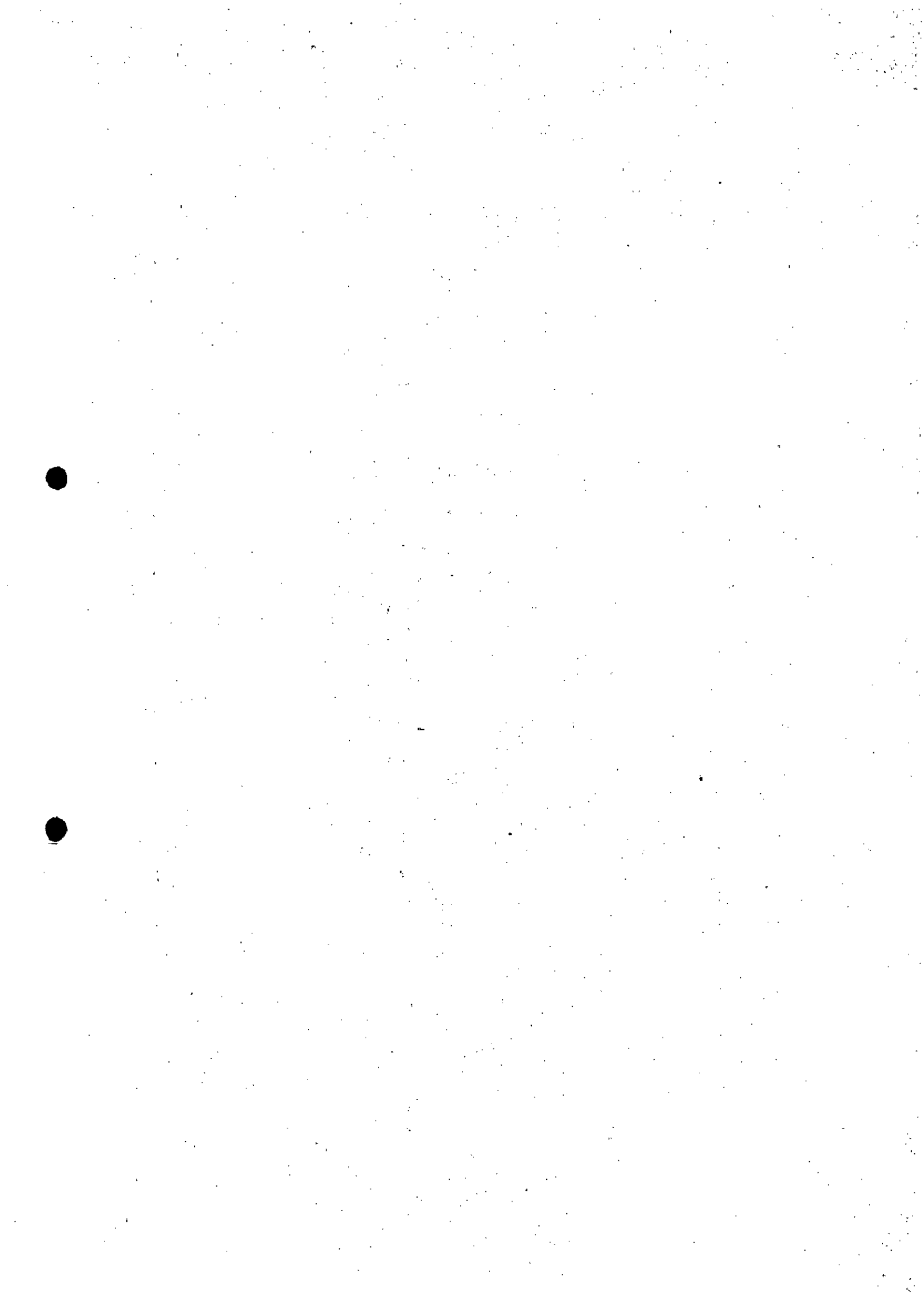


Figura A2.80 – Variação espacial do índice de SST na data 07/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



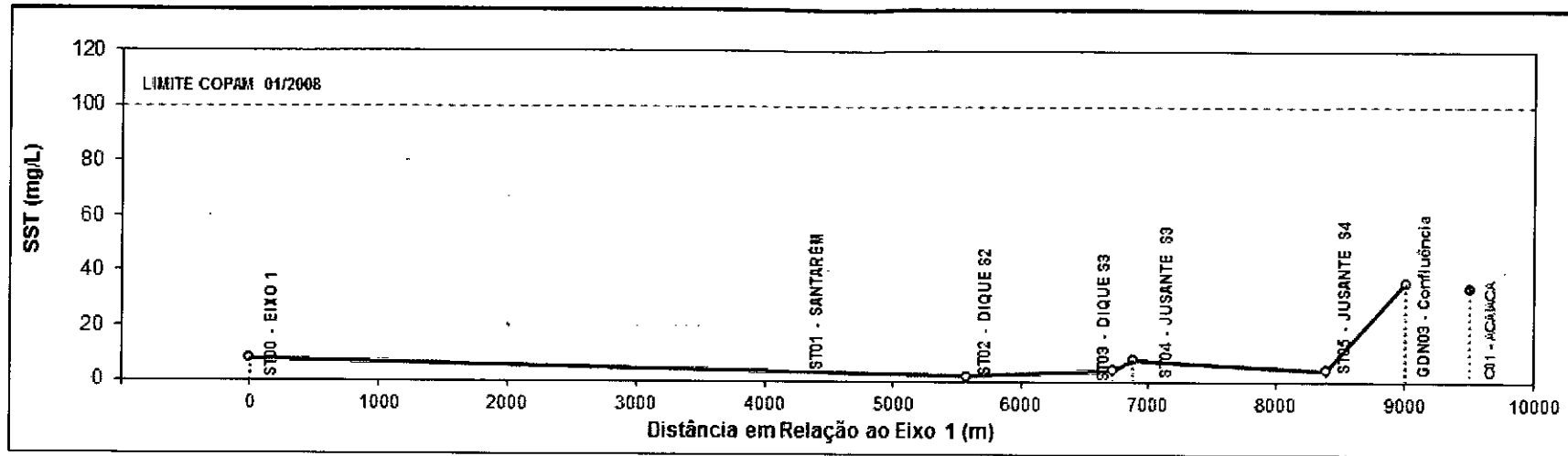


Figura A2.81 – Variação espacial do índice de SST na data 08/01/2017 – Córrego Santarém.

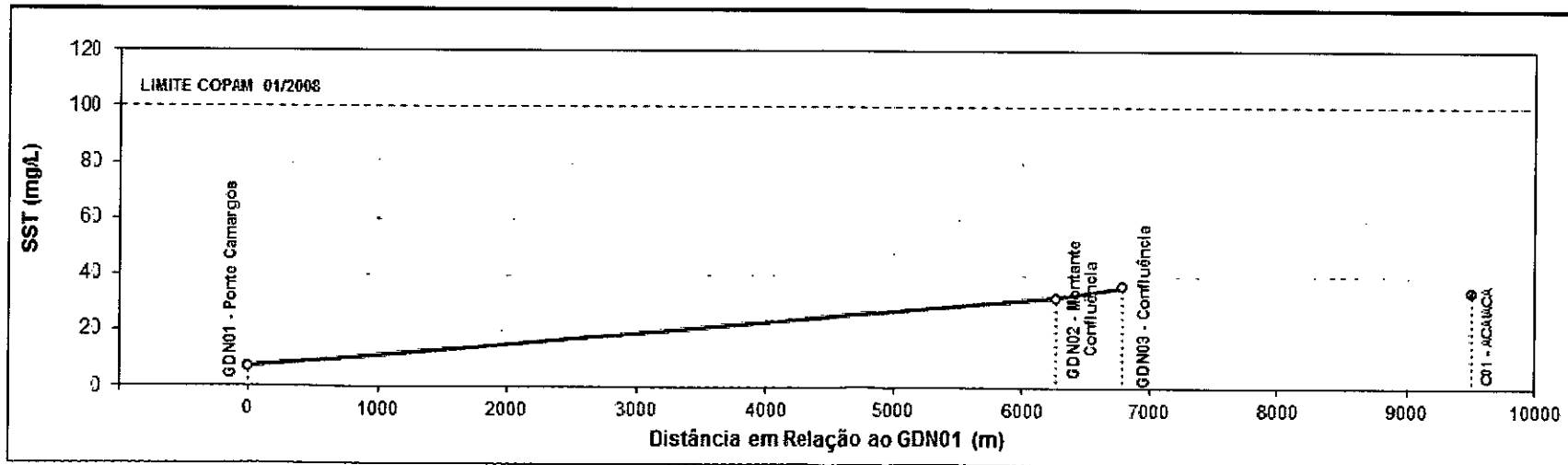
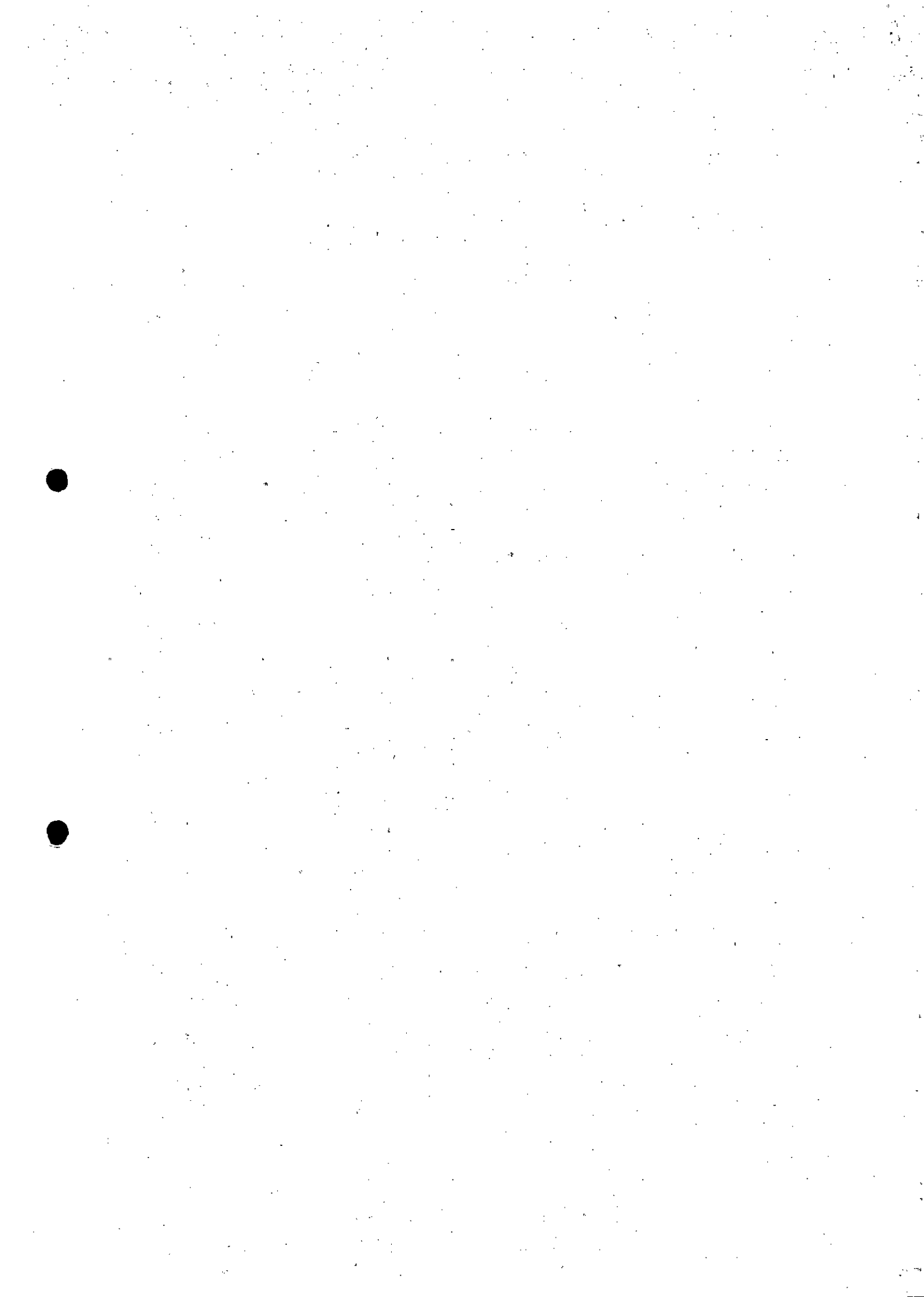


Figura A2.82 – Variação espacial do índice de SST na data 08/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



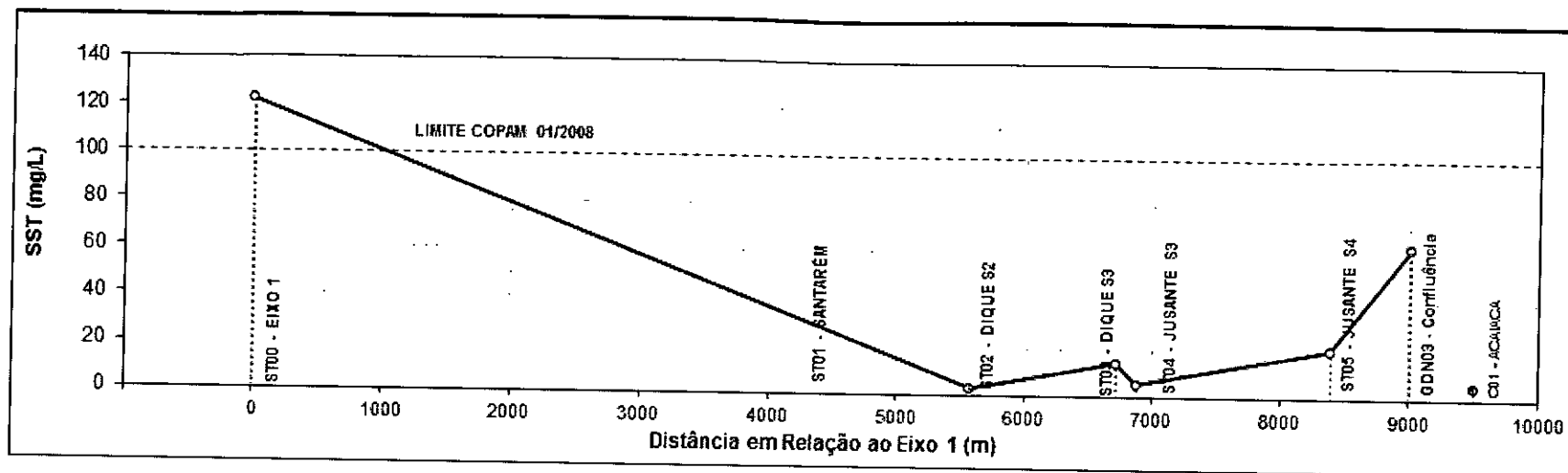


Figura A2.83 – Variação espacial do índice de SST na data 09/01/2017 – Córrego Santarém.

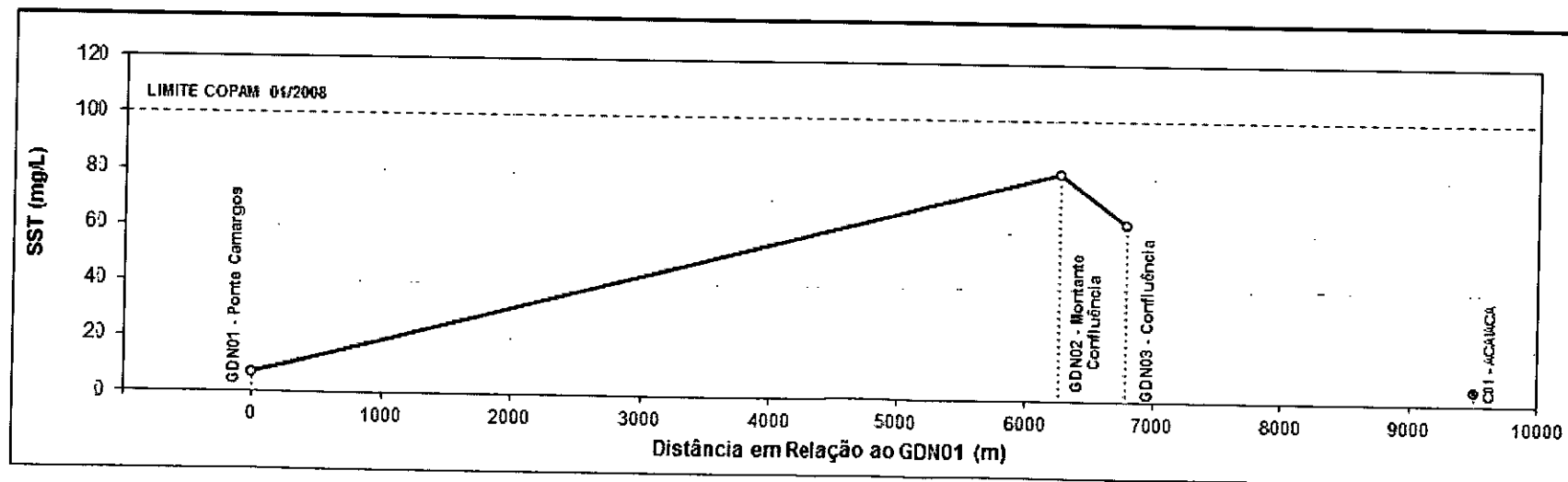
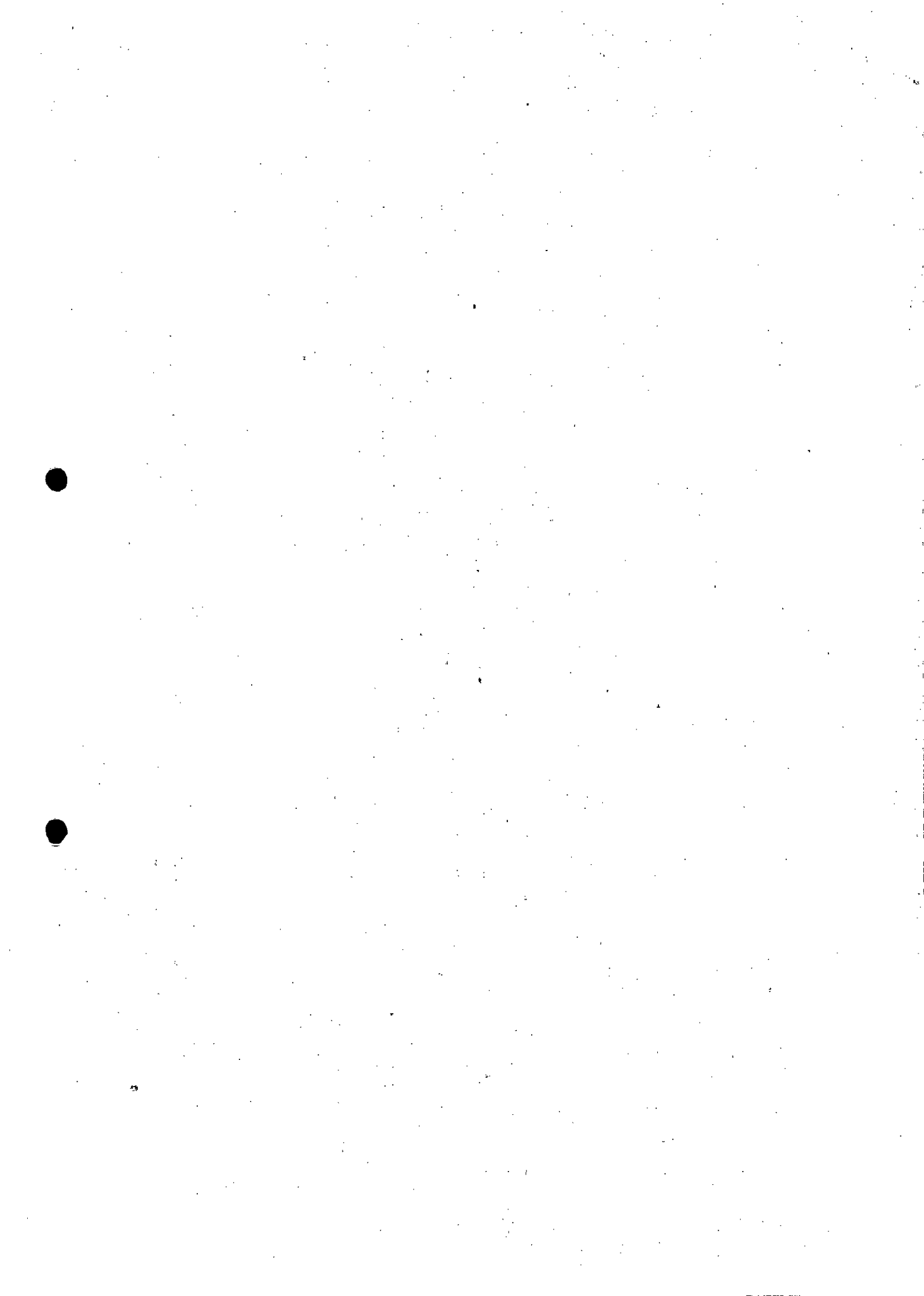


Figura A2.84 – Variação espacial do índice de SST na data 09/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



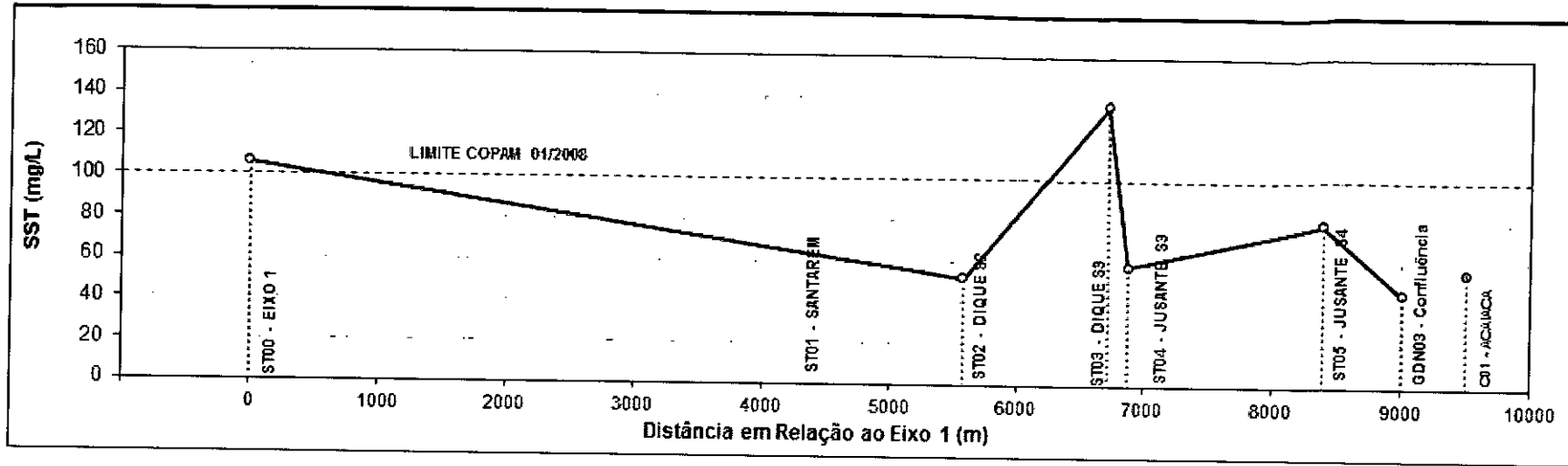


Figura A2.85 – Variação espacial do índice de SST na data 10/01/2017 – Córrego Santarém.

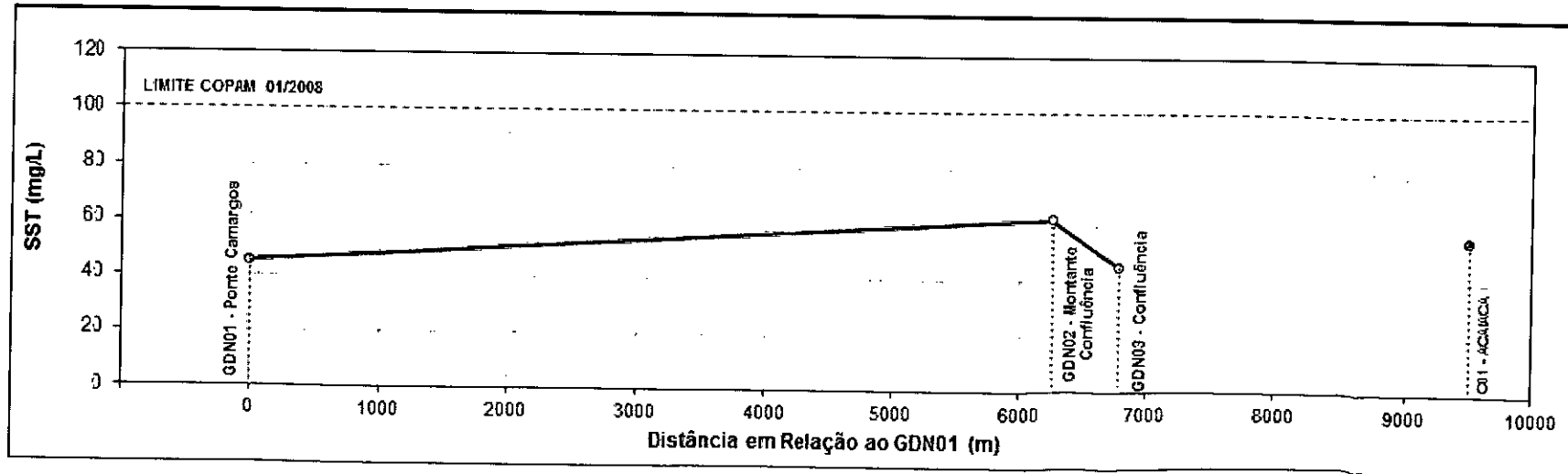
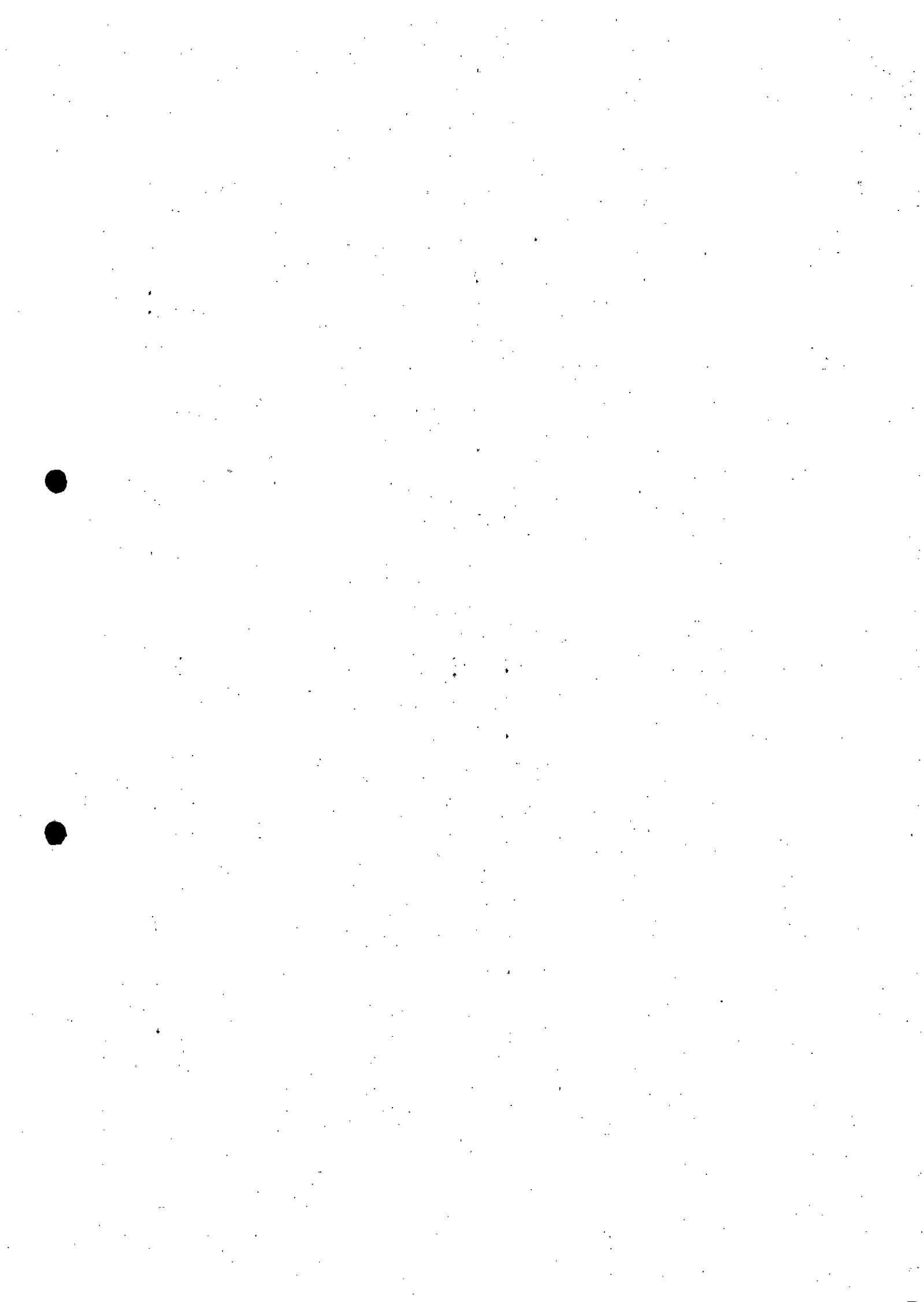


Figura A2.86 – Variação espacial do índice de SST na data 10/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



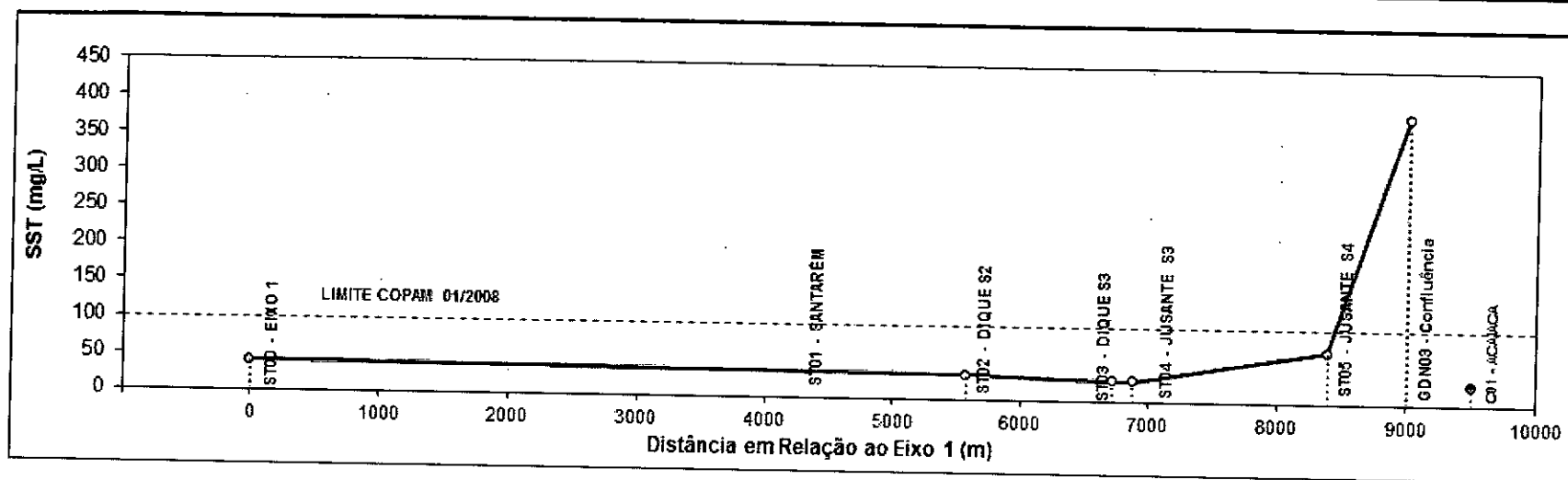


Figura A2.87 – Variação espacial do índice de SST na data 11/01/2017 – Córrego Santarém.

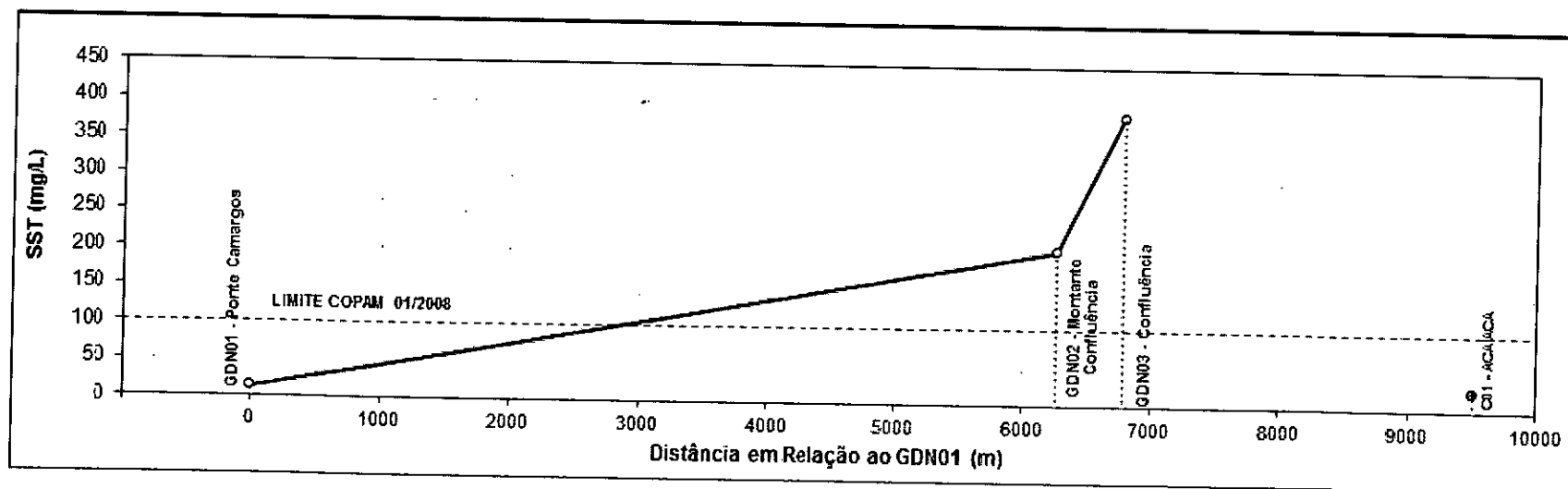
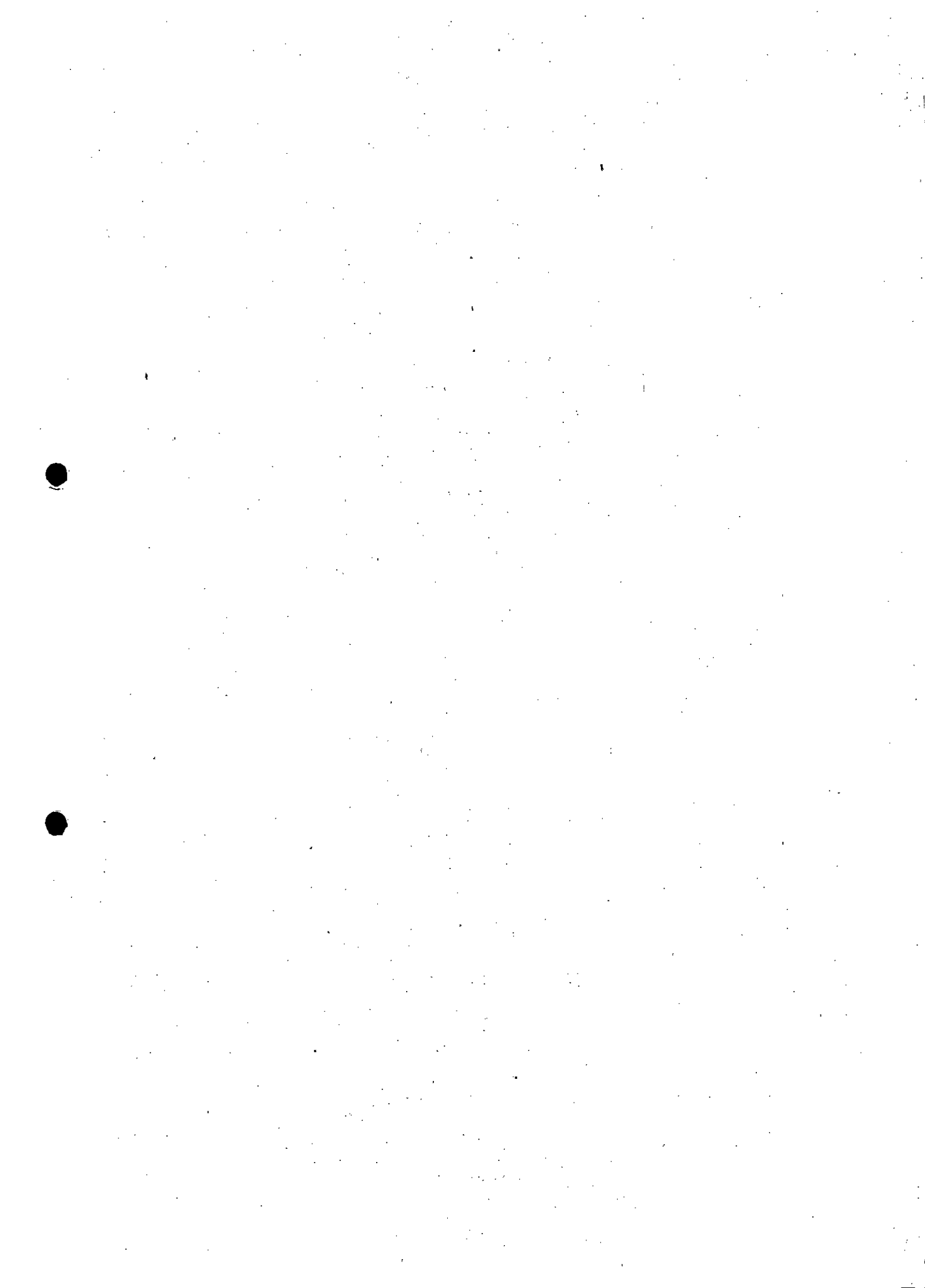


Figura A2.88 – Variação espacial do índice de SST na data 11/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



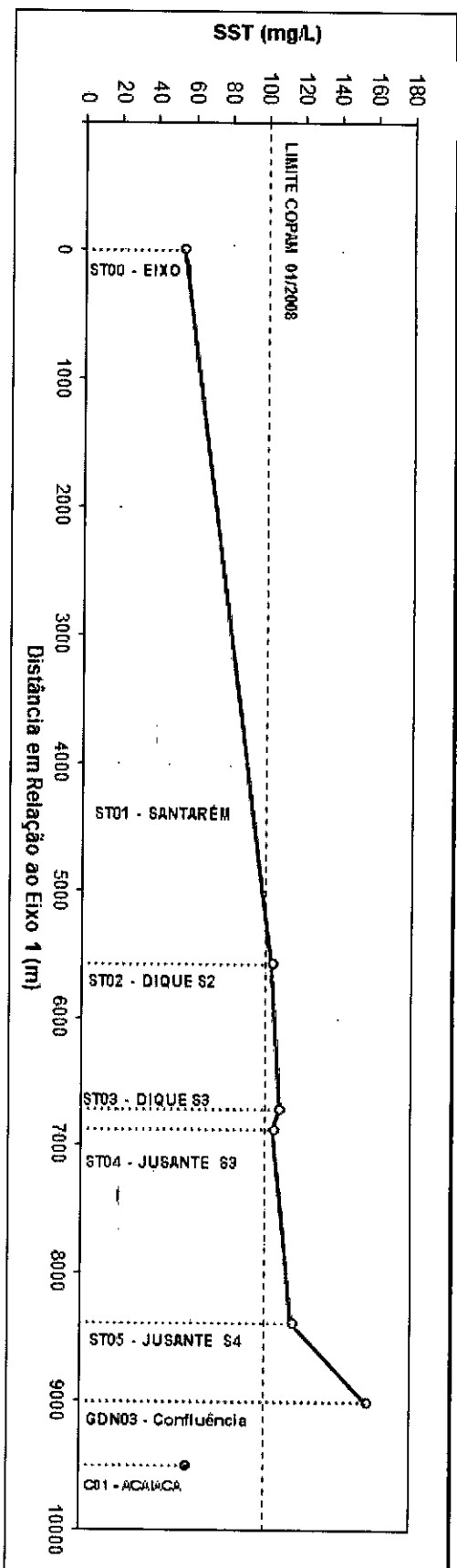


Figura A2.89 -- Variação espacial do índice de SST na data 12/01/2017 – Corrego Santarém.

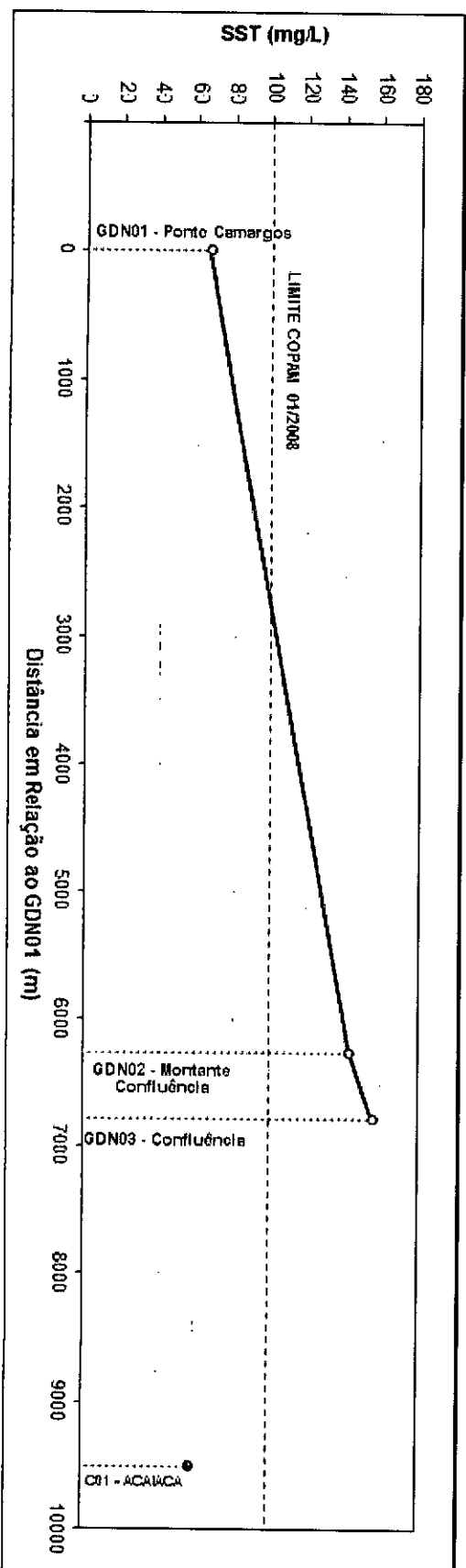
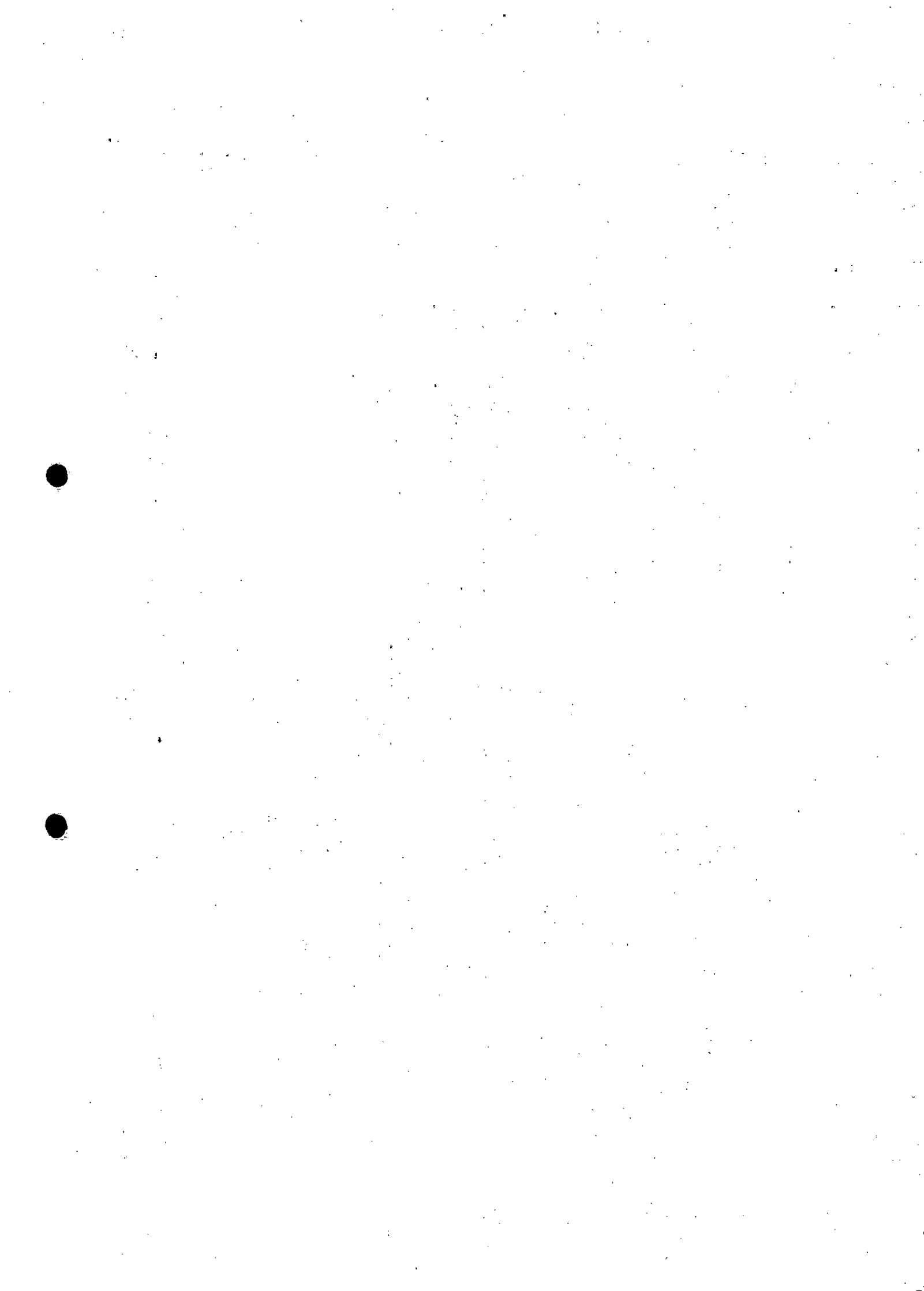


Figura A2.90 -- Variação espacial do índice de SST na data 12/01/2017 – Rio Galaxo do Norte.



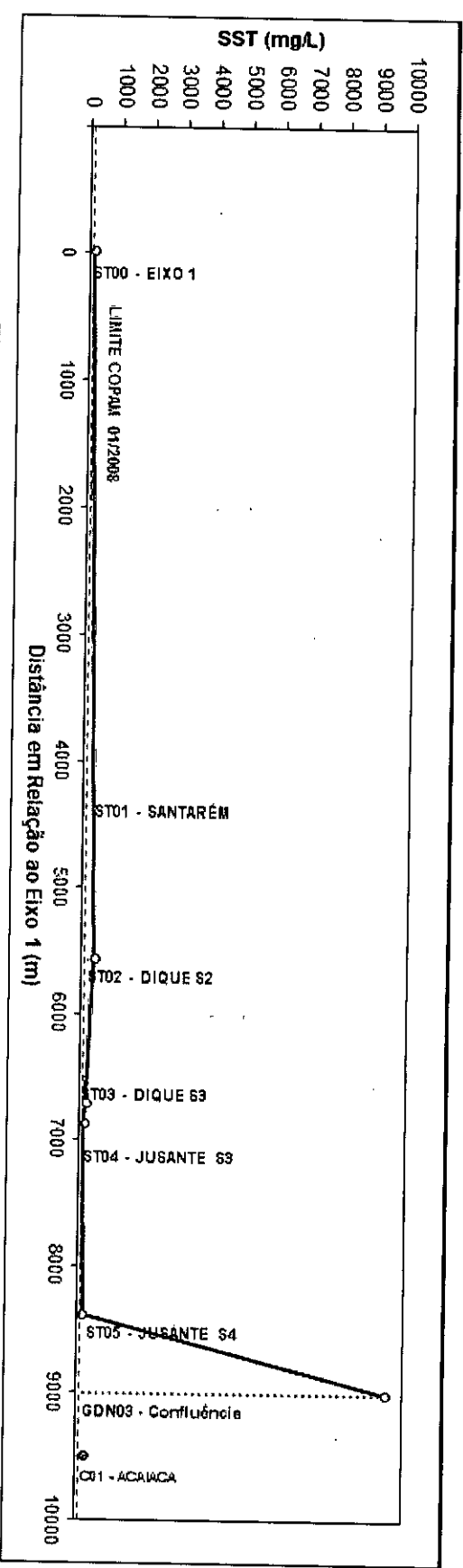


Figura A2.91 – Variação espacial do índice de SST na data 13/01/2017 – Córrego Santarém.

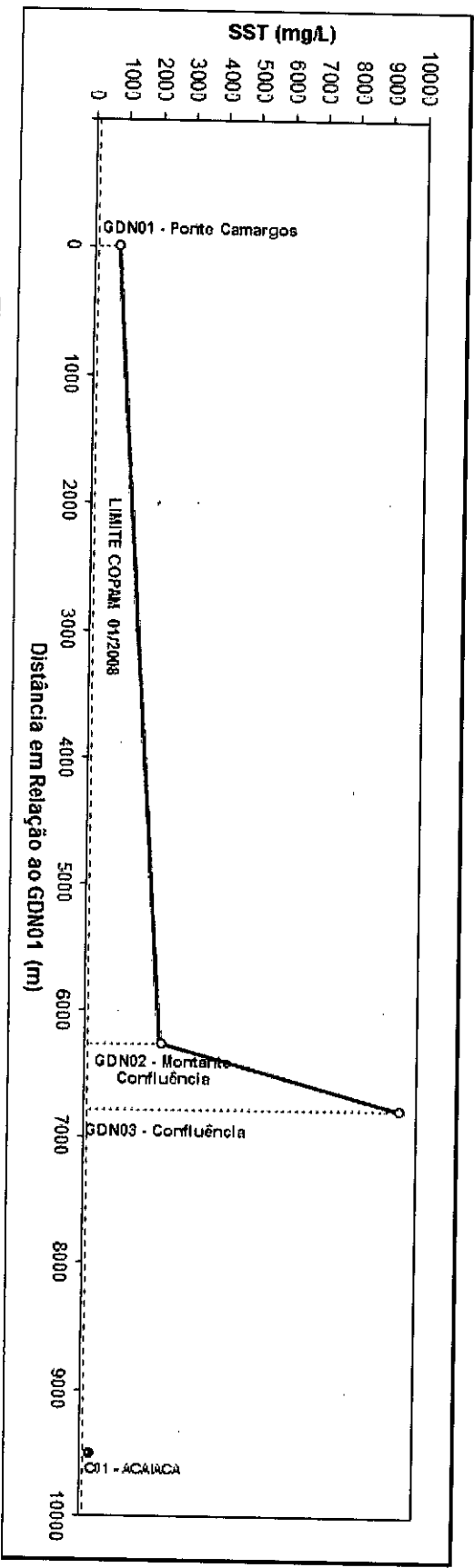
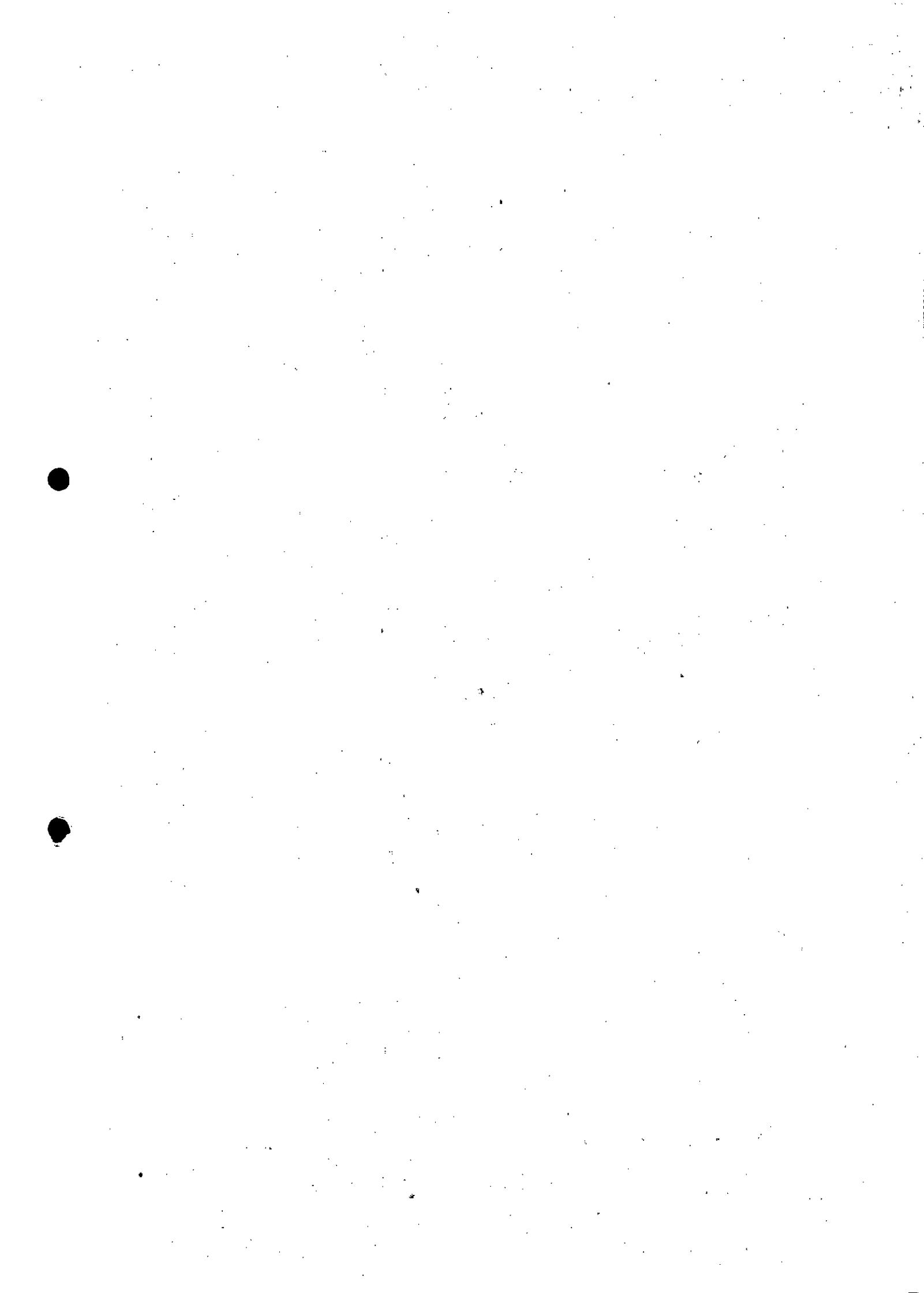


Figura A2.92 – Variação espacial do índice de SST na data 13/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



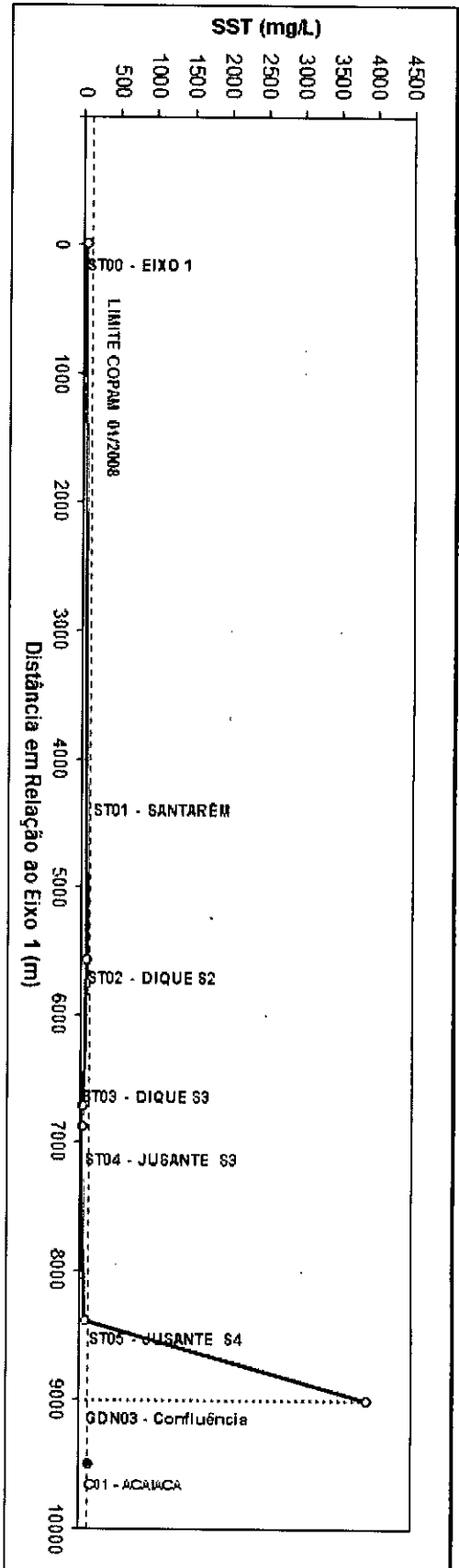


Figura A2.93 – Variação espacial do índice de SST na data 14/01/2017 – Córrego Santarém.

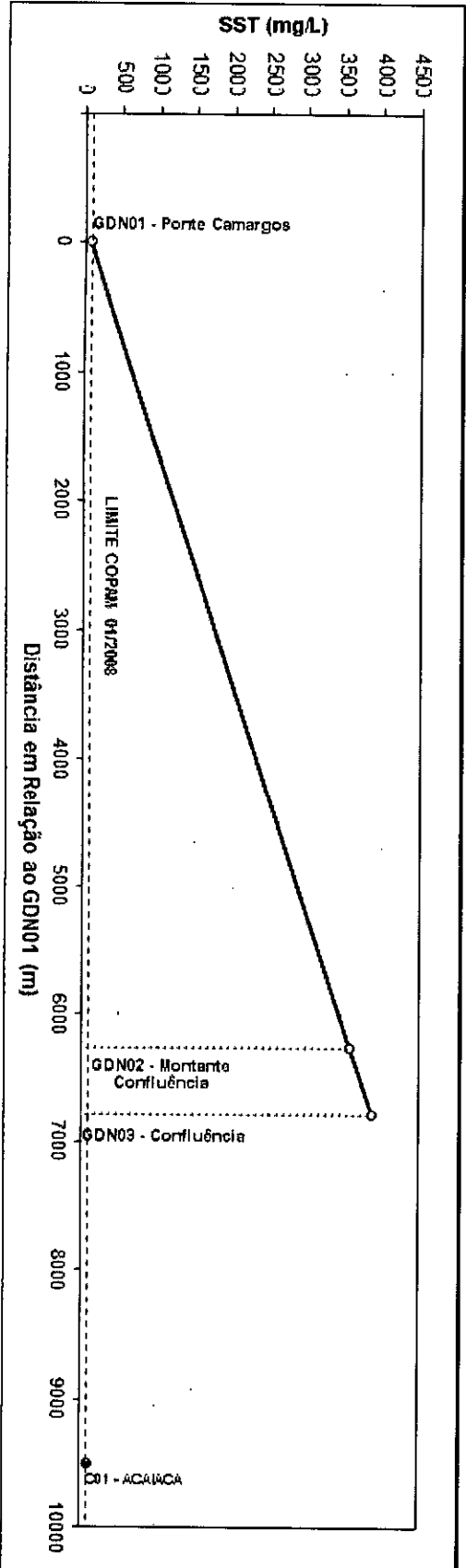
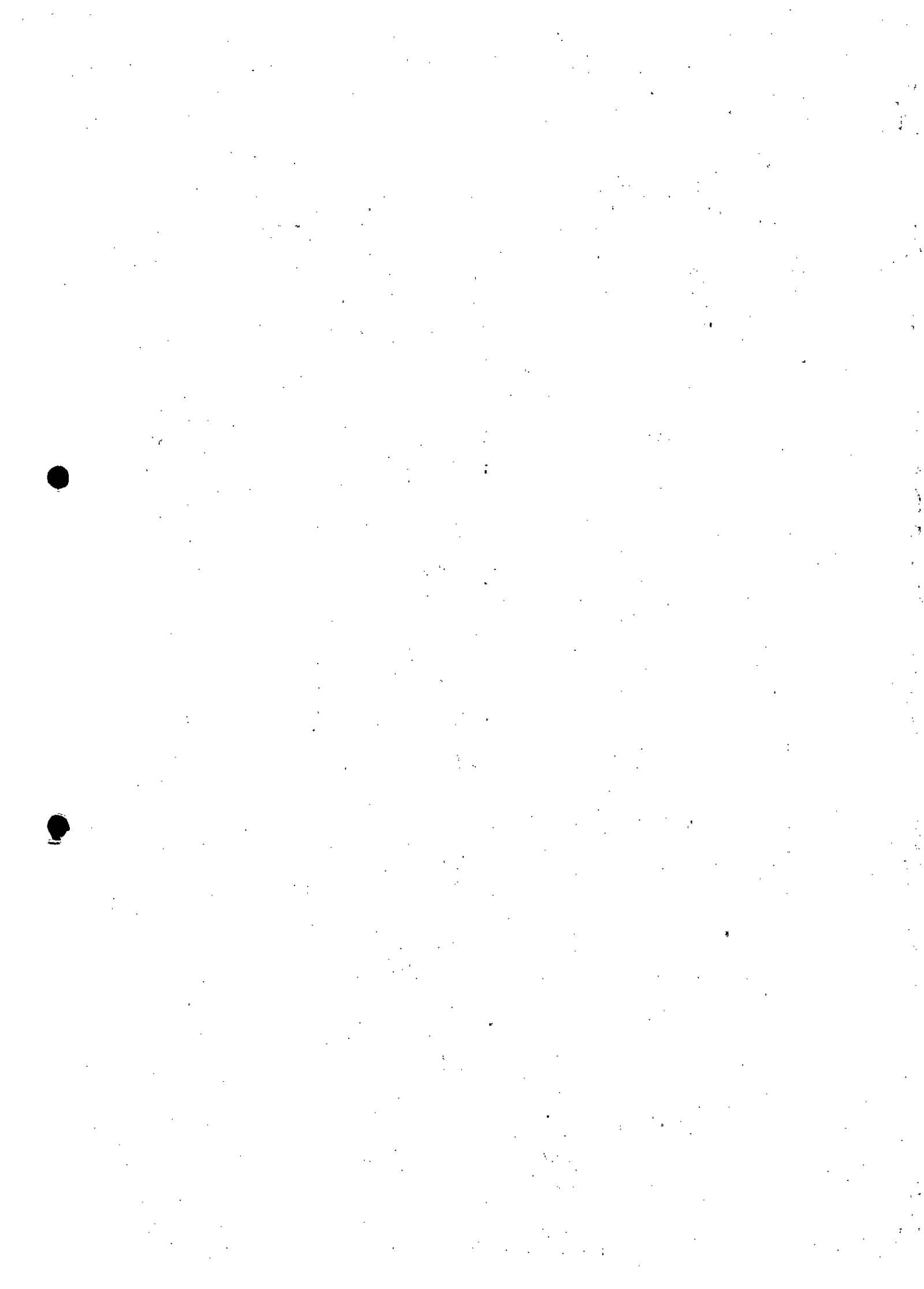


Figura A2.94 – Variação espacial do índice de SST na data 14/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



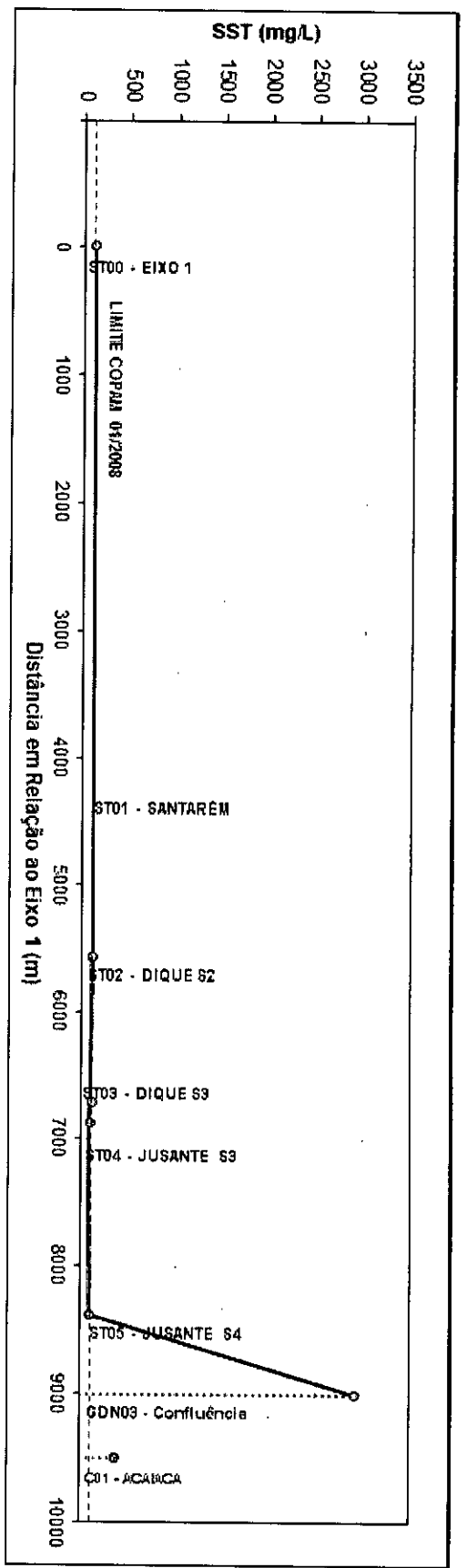


Figura A2.95 – Variação espacial do índice de SST na data 15/01/2017 – Córrego Santarém.

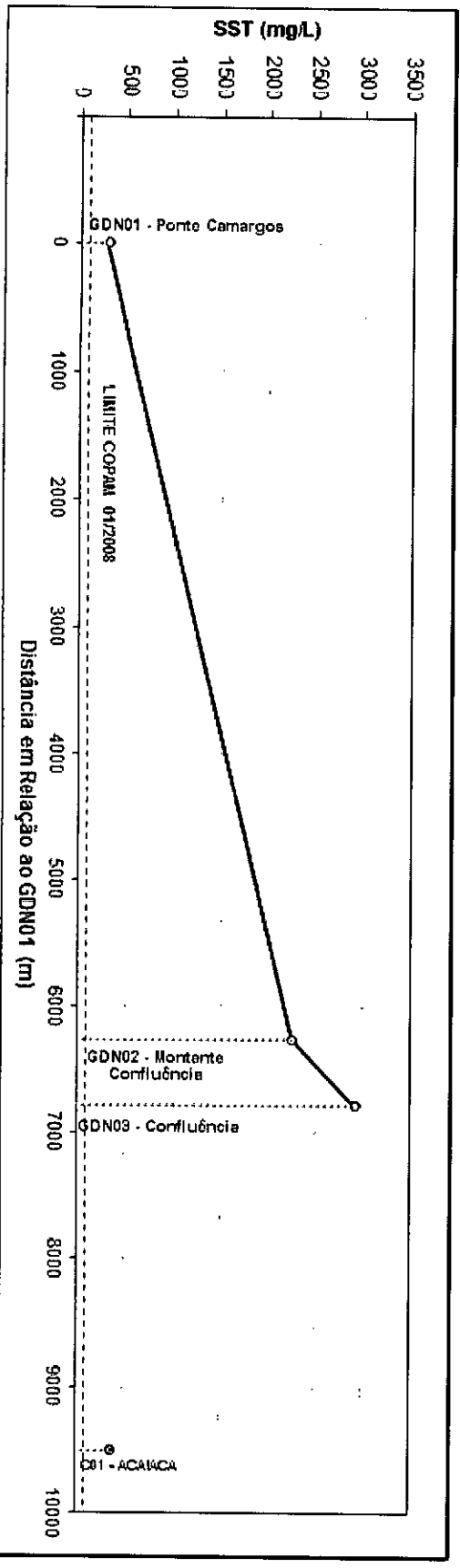
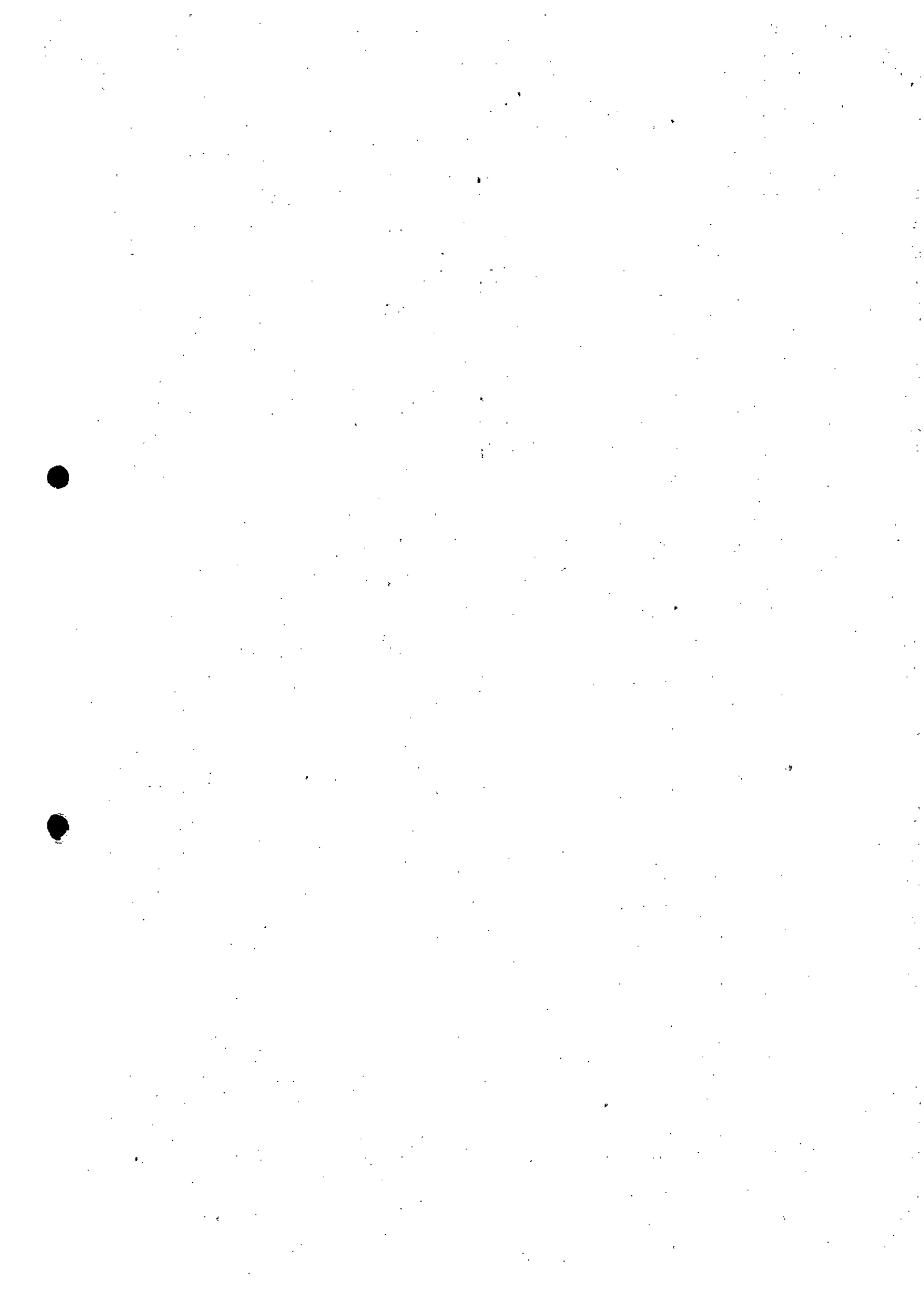


Figura A2.96 – Variação espacial do índice de SST na data 15/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



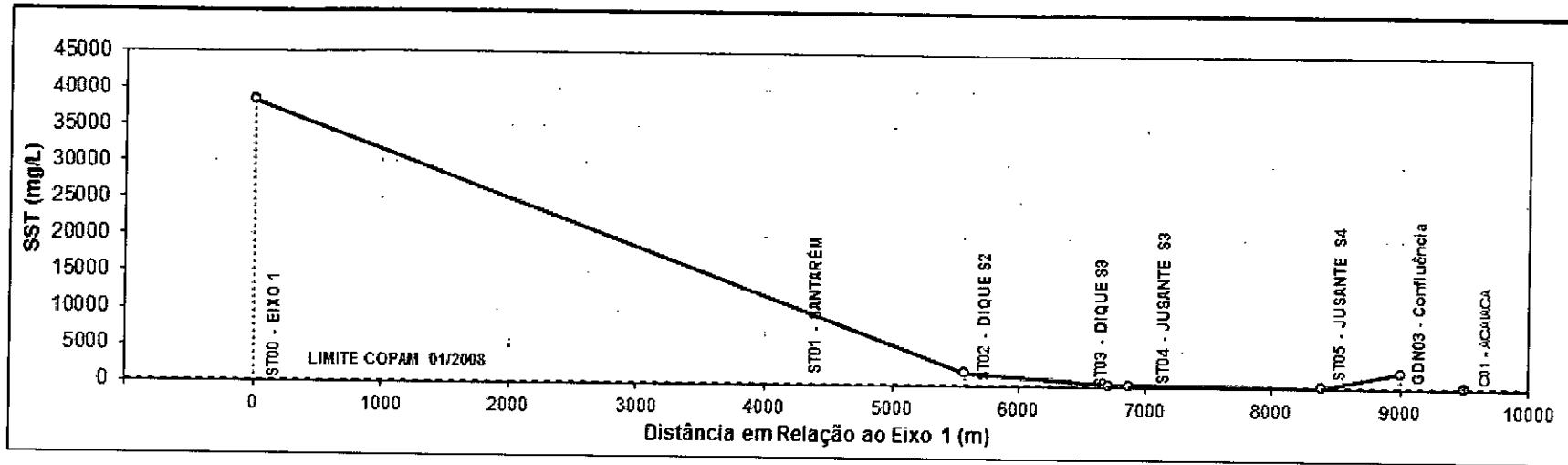


Figura A2.97 – Variação espacial do índice de SST na data 16/01/2017 – Córrego Santarém.

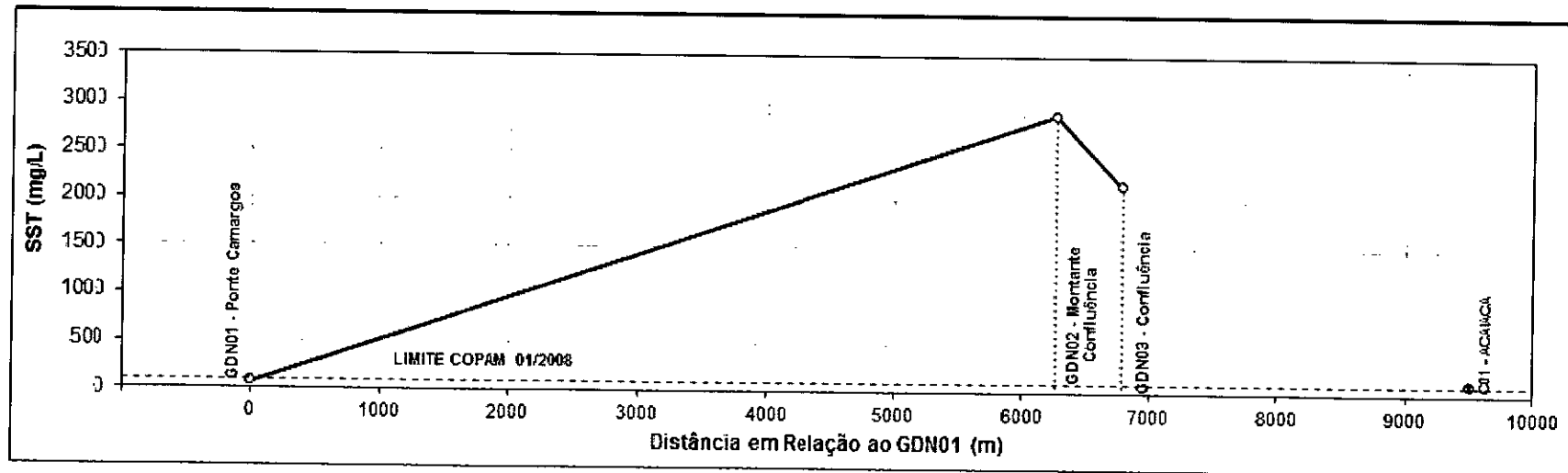
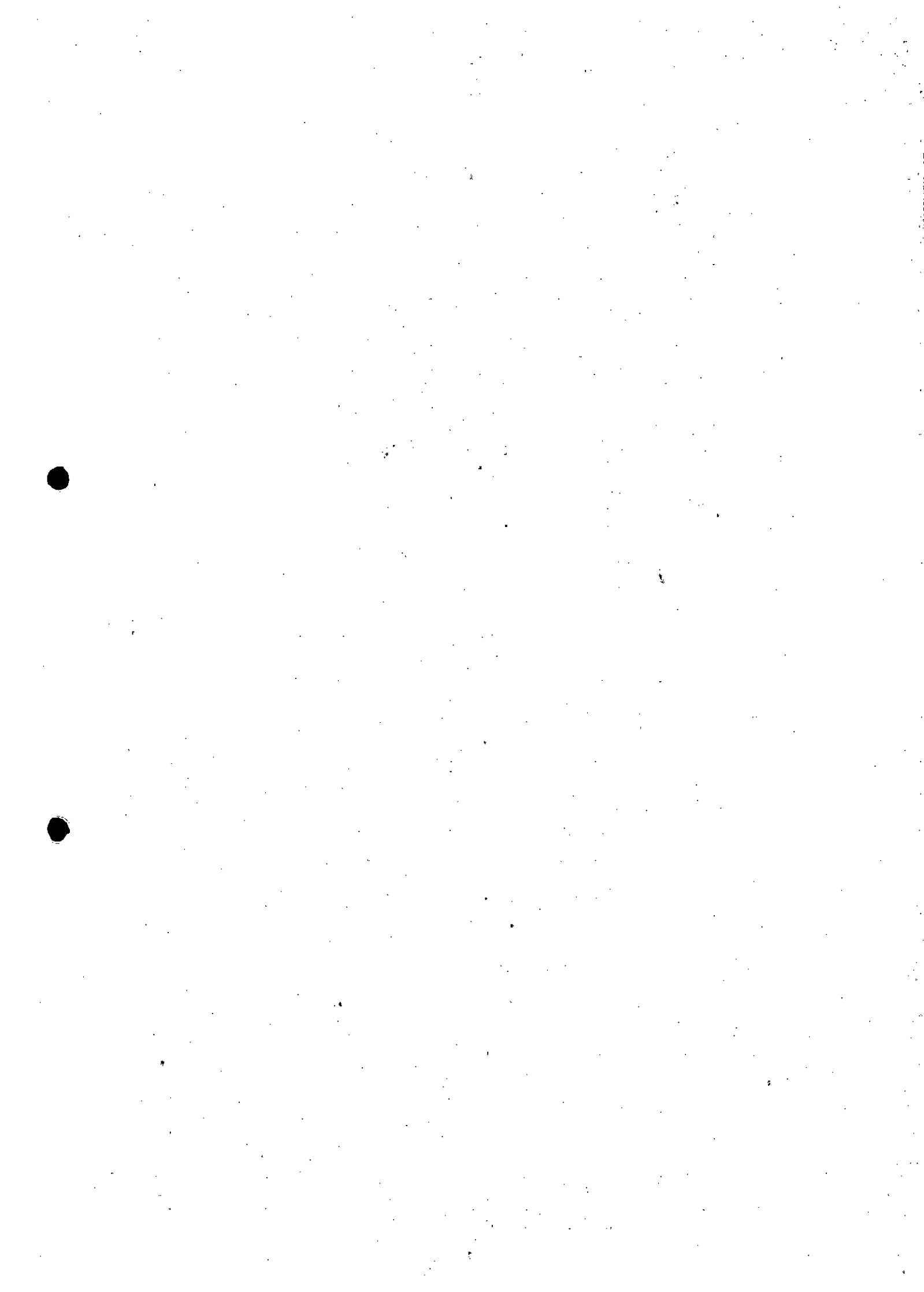


Figura A2.98 – Variação espacial do índice de SST na data 16/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



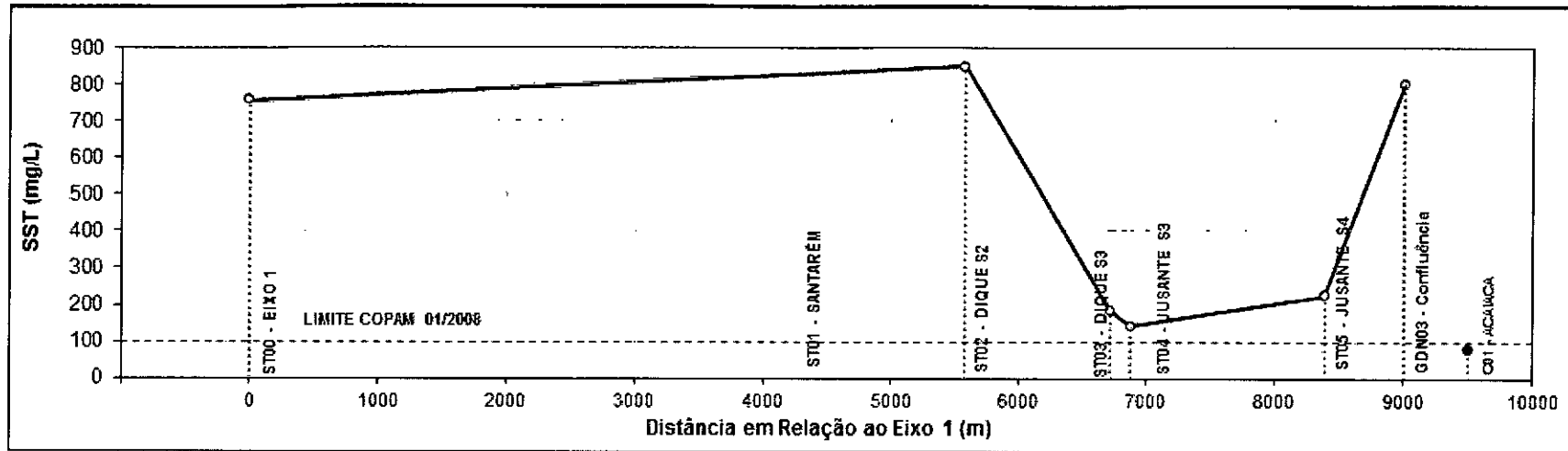


Figura A2.99 – Variação espacial do índice de SST na data 17/01/2017 – Córrego Santarém.

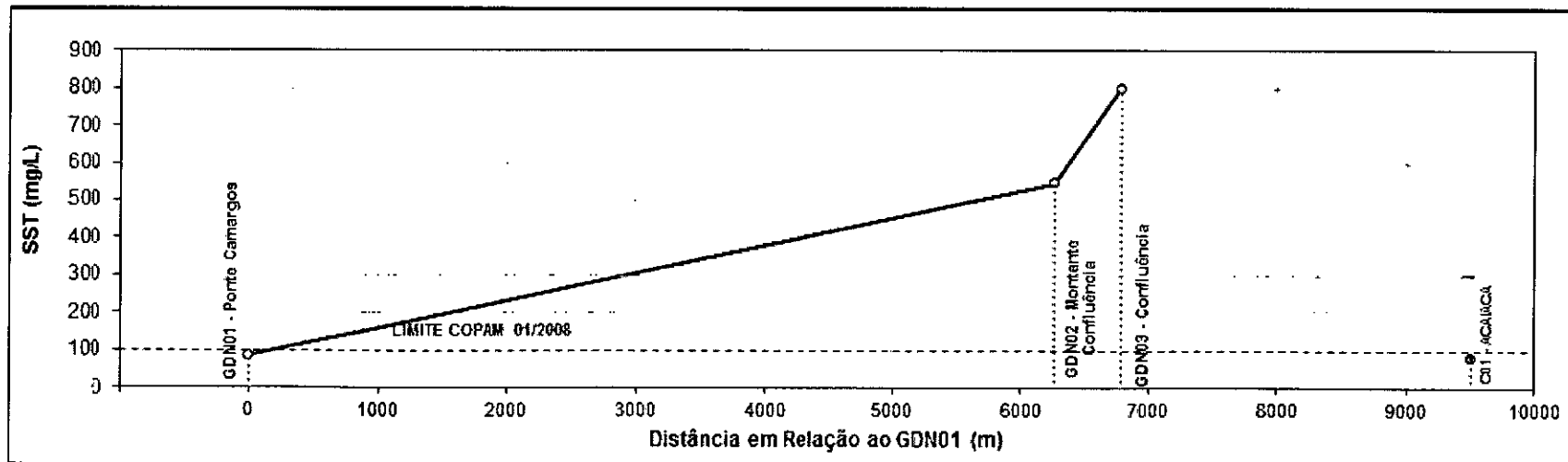
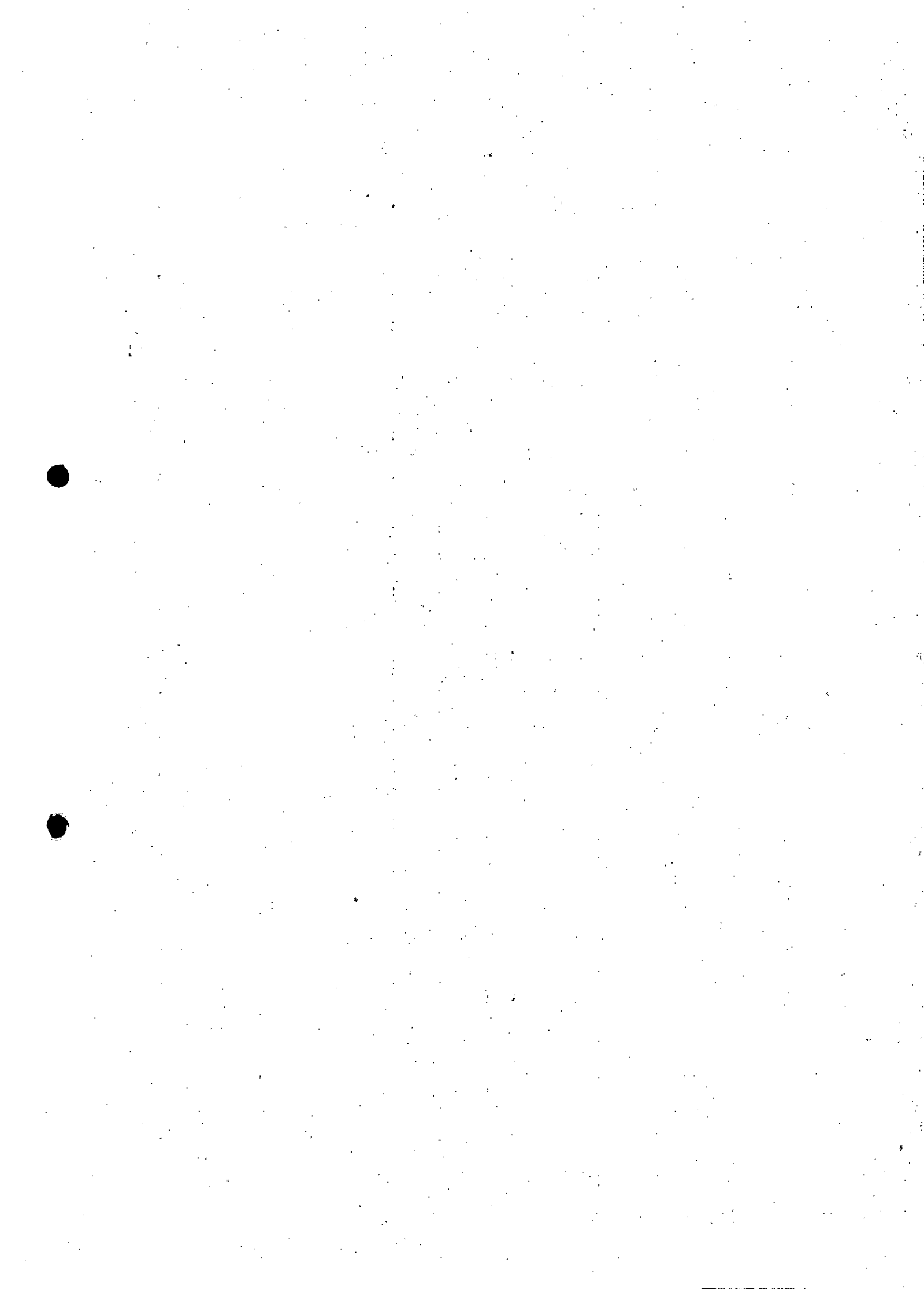


Figura A2.100 – Variação espacial do índice de SST na data 17/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



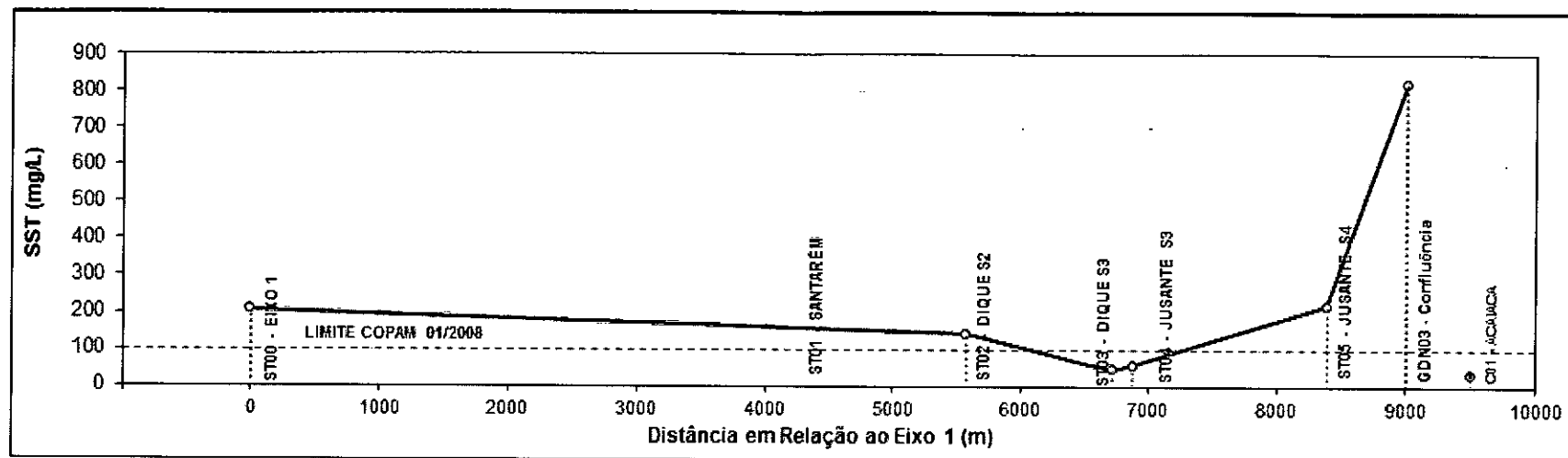


Figura A2.101 – Variação espacial do índice de SST na data 18/01/2017 – Córrego Santarém.

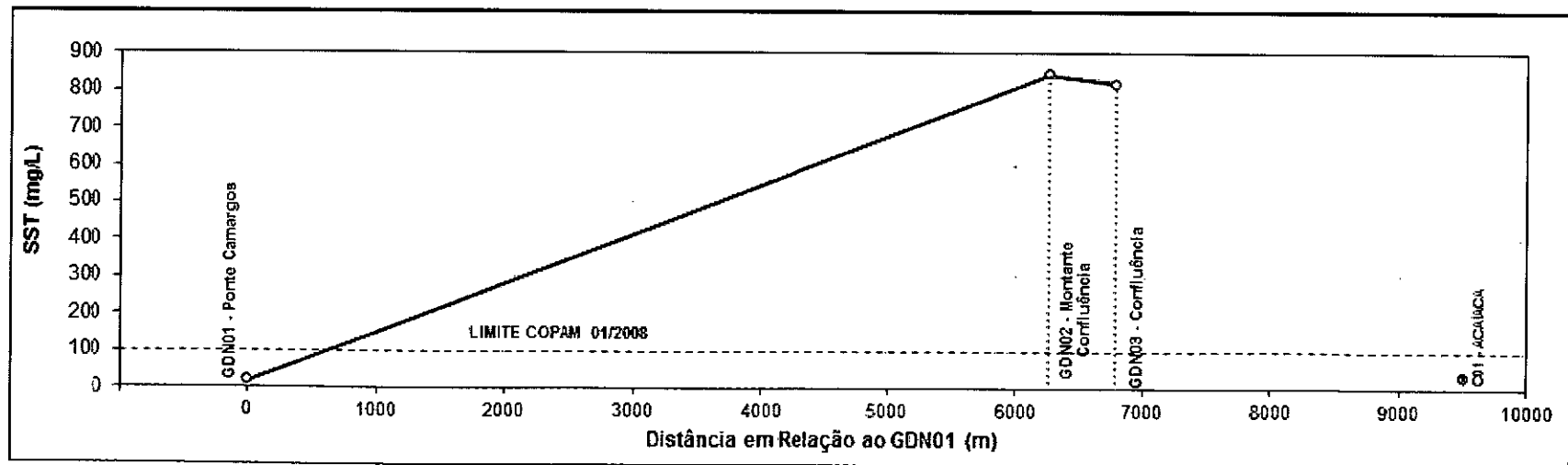
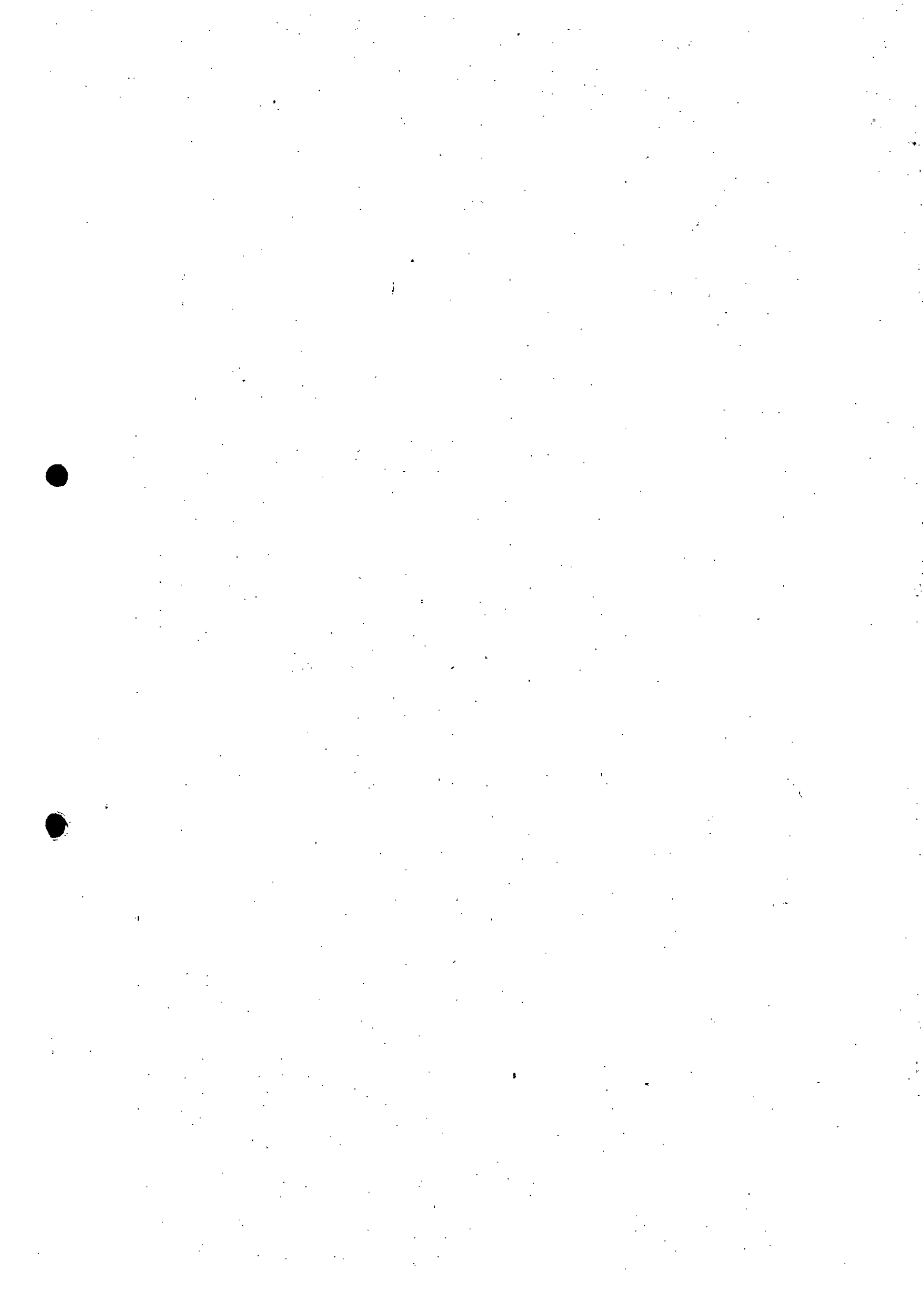


Figura A2.102 – Variação espacial do índice de SST na data 18/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



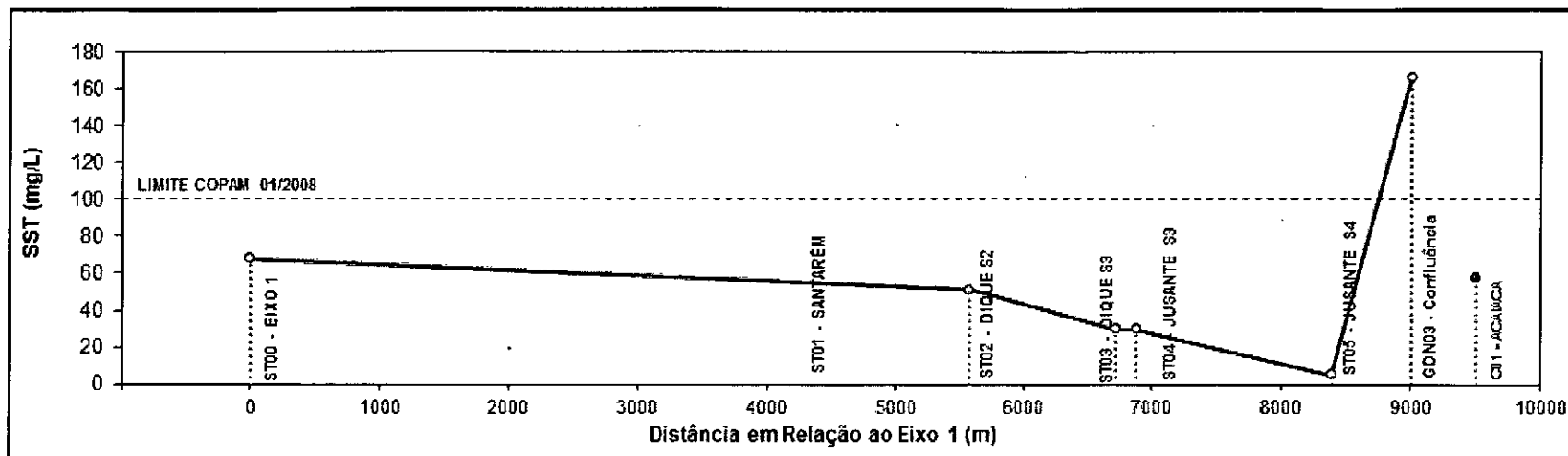


Figura A2.103 – Variação espacial do índice de SST na data 19/01/2017 – Córrego Santarém.

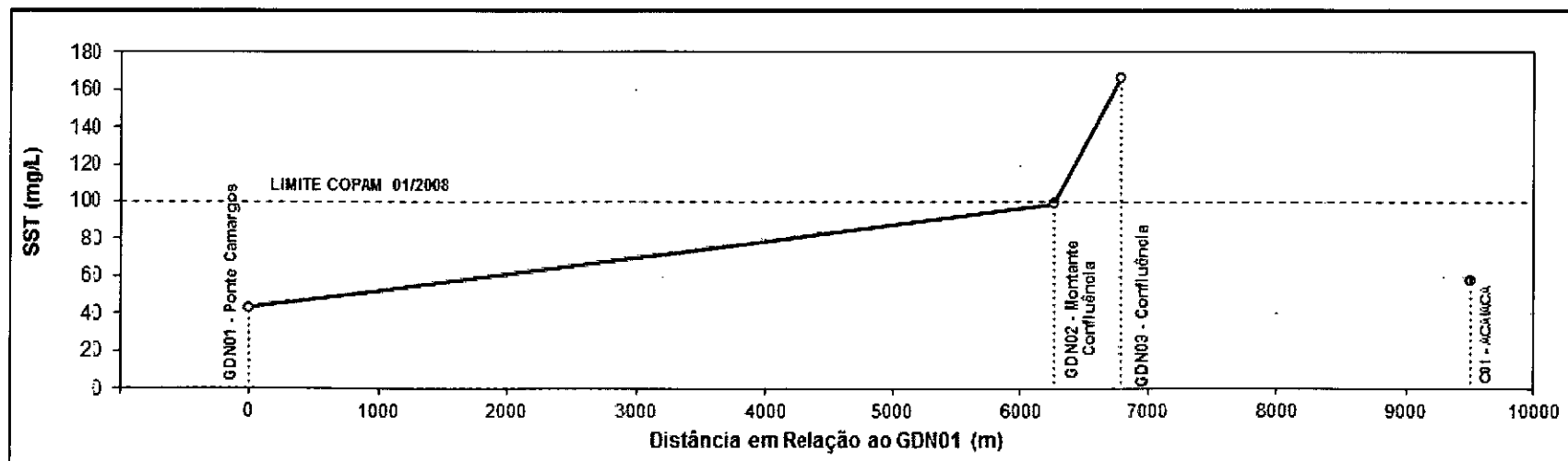
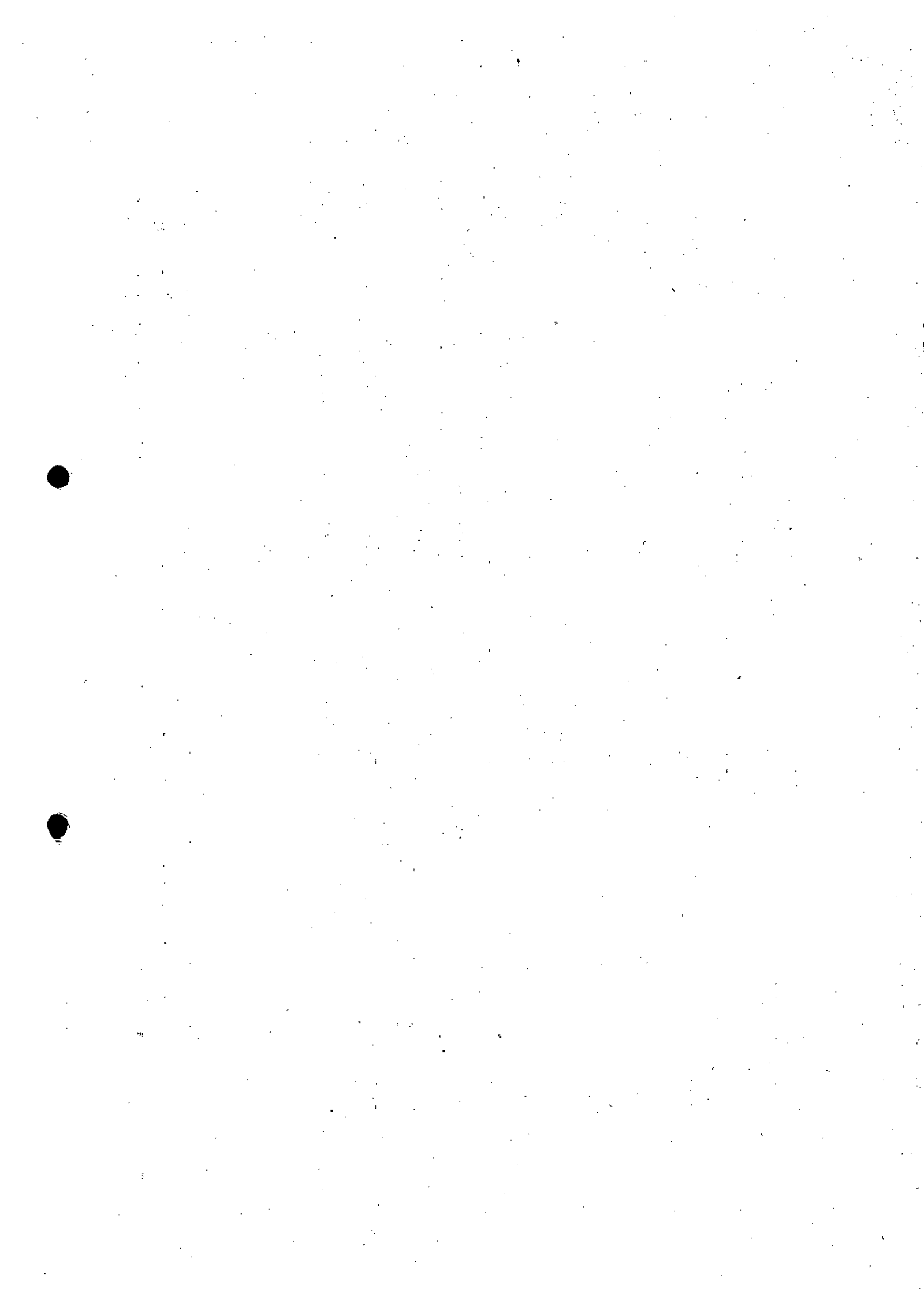


Figura A2.104 – Variação espacial do índice de SST na data 19/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



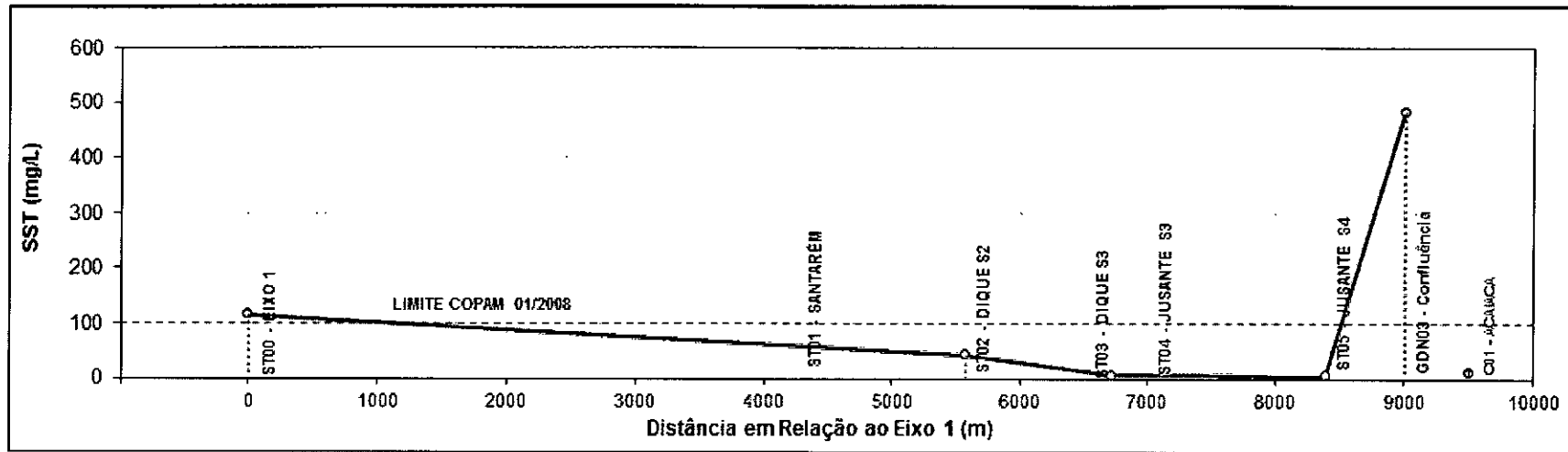


Figura A2.105 – Variação espacial do índice de SST na data 20/01/2017 – Córrego Santarém.

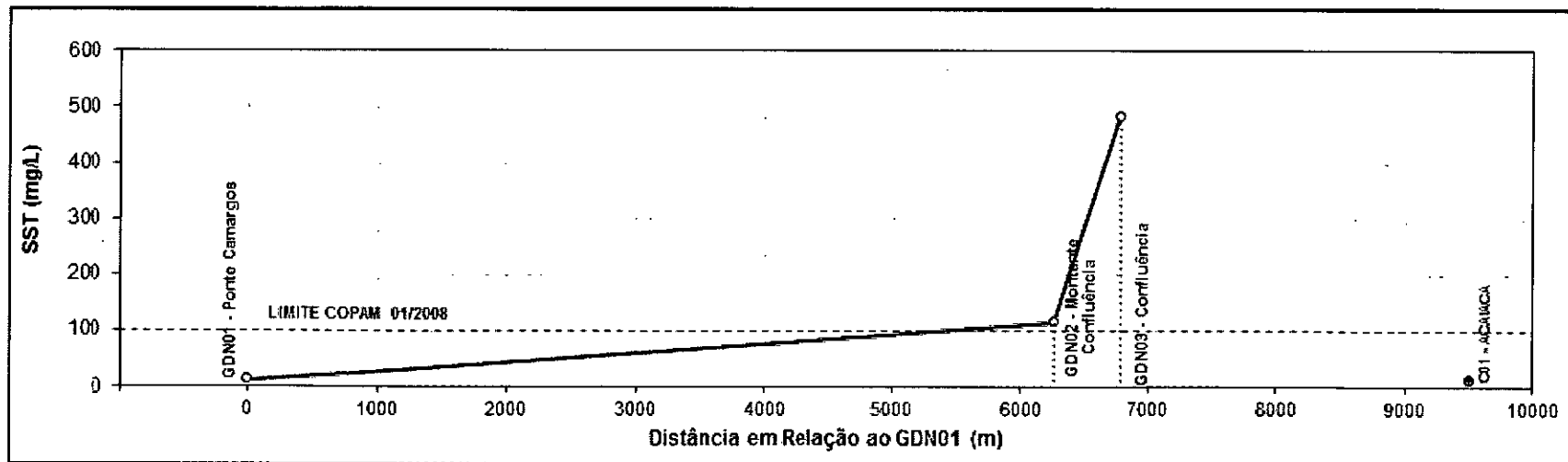
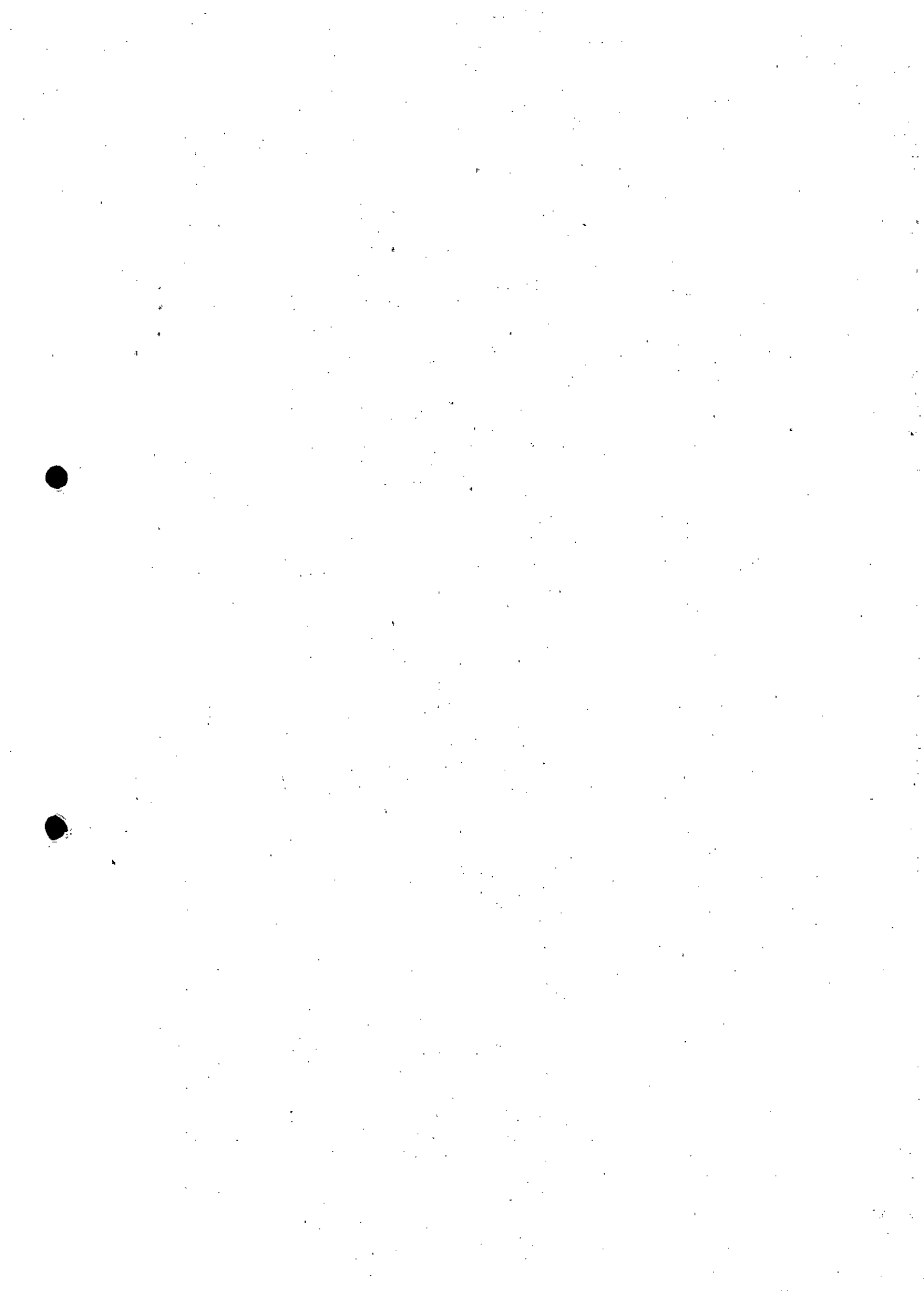


Figura A2.106 – Variação espacial do índice de SST na data 20/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



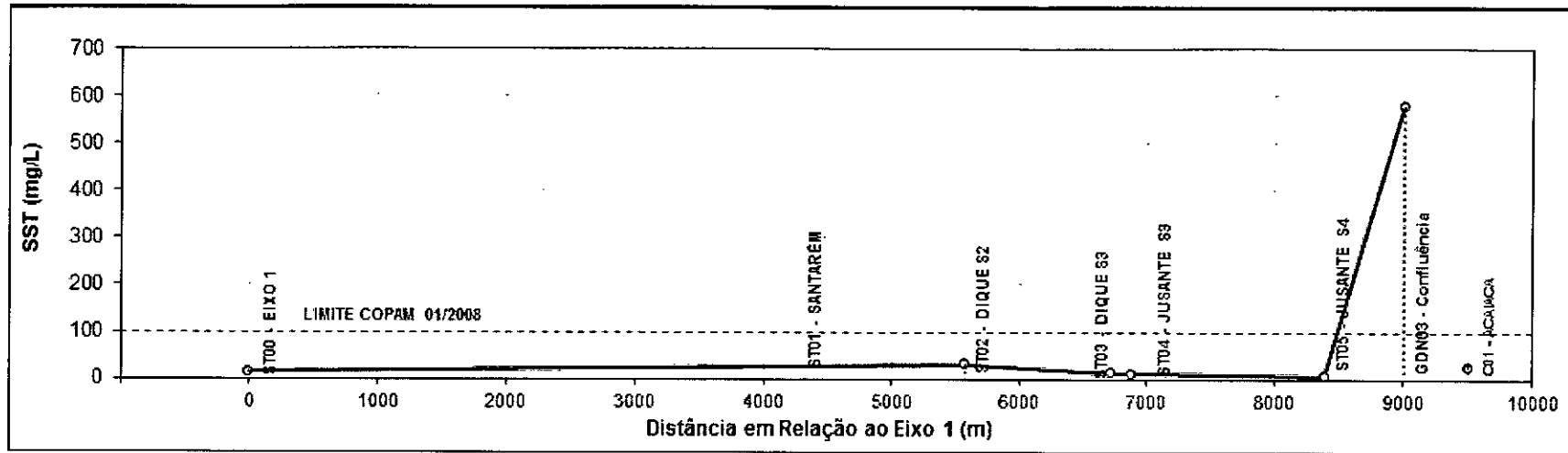


Figura A2.107 – Variação espacial do índice de SST na data 21/01/2017 – Córrego Santarém.

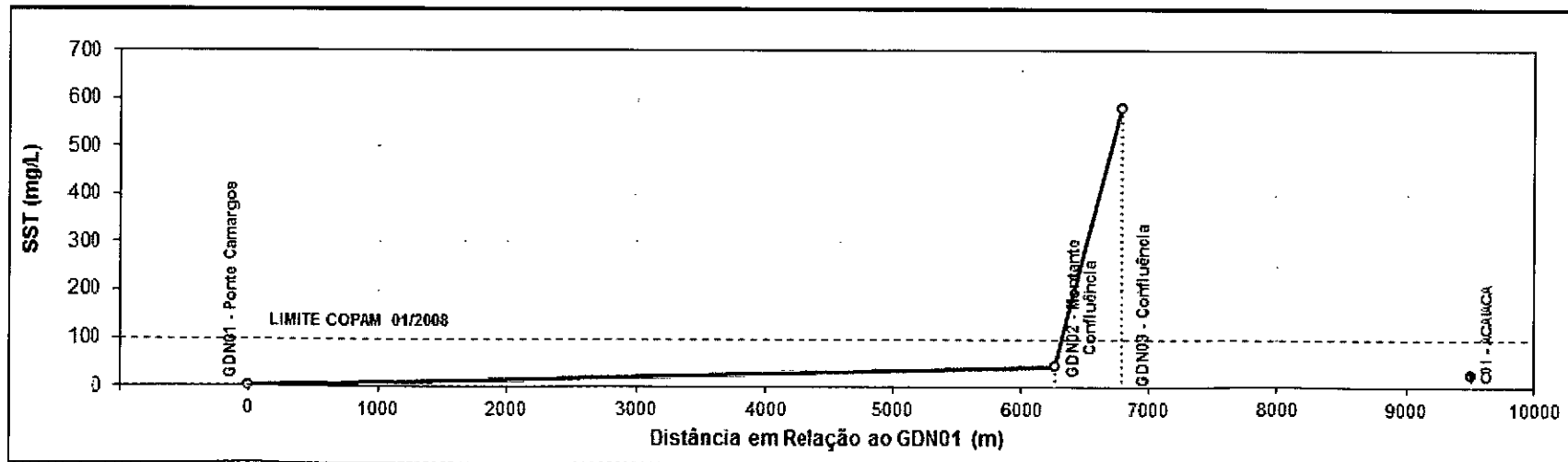


Figura A2.108 – Variação espacial do índice de SST na data 21/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.

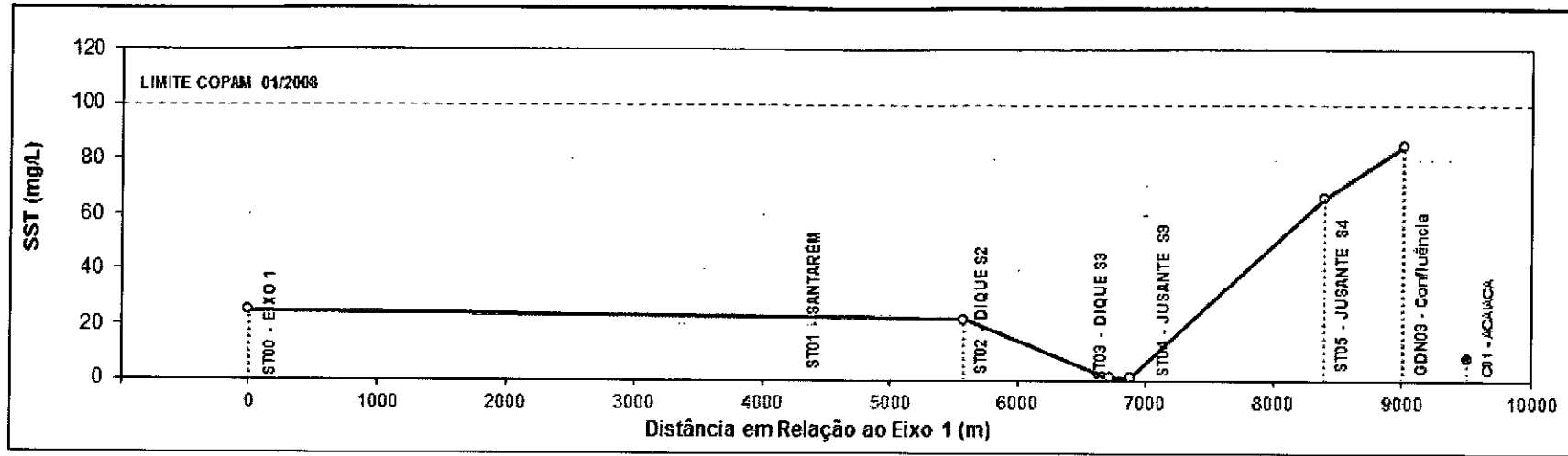


Figura A2.109 – Variação espacial do índice de SST na data 22/01/2017 – Córrego Santarém.

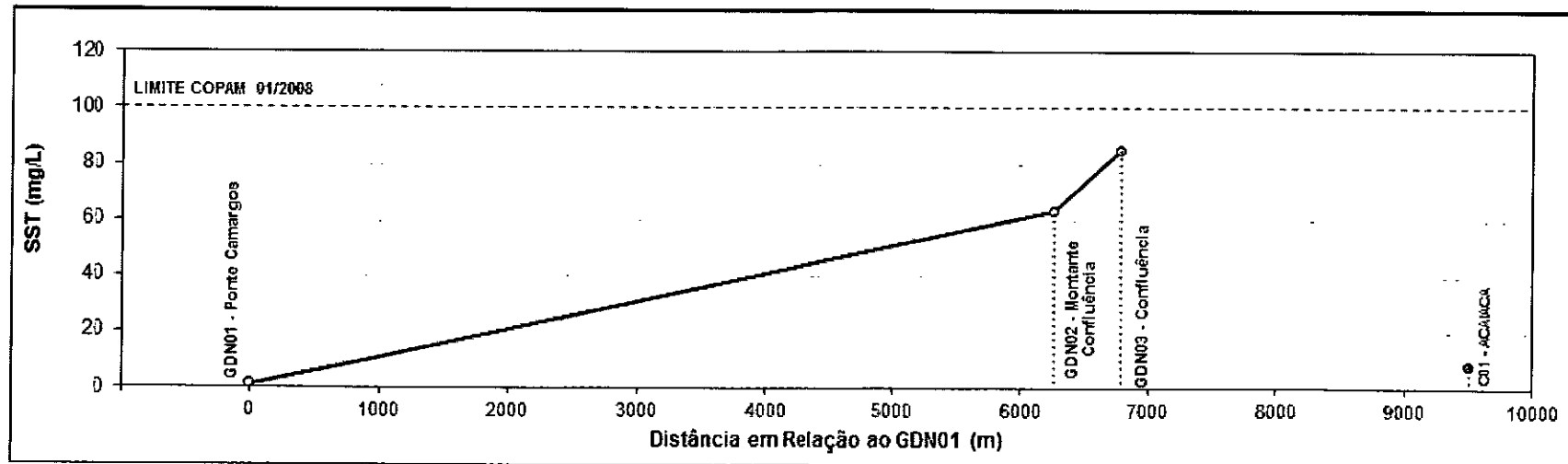
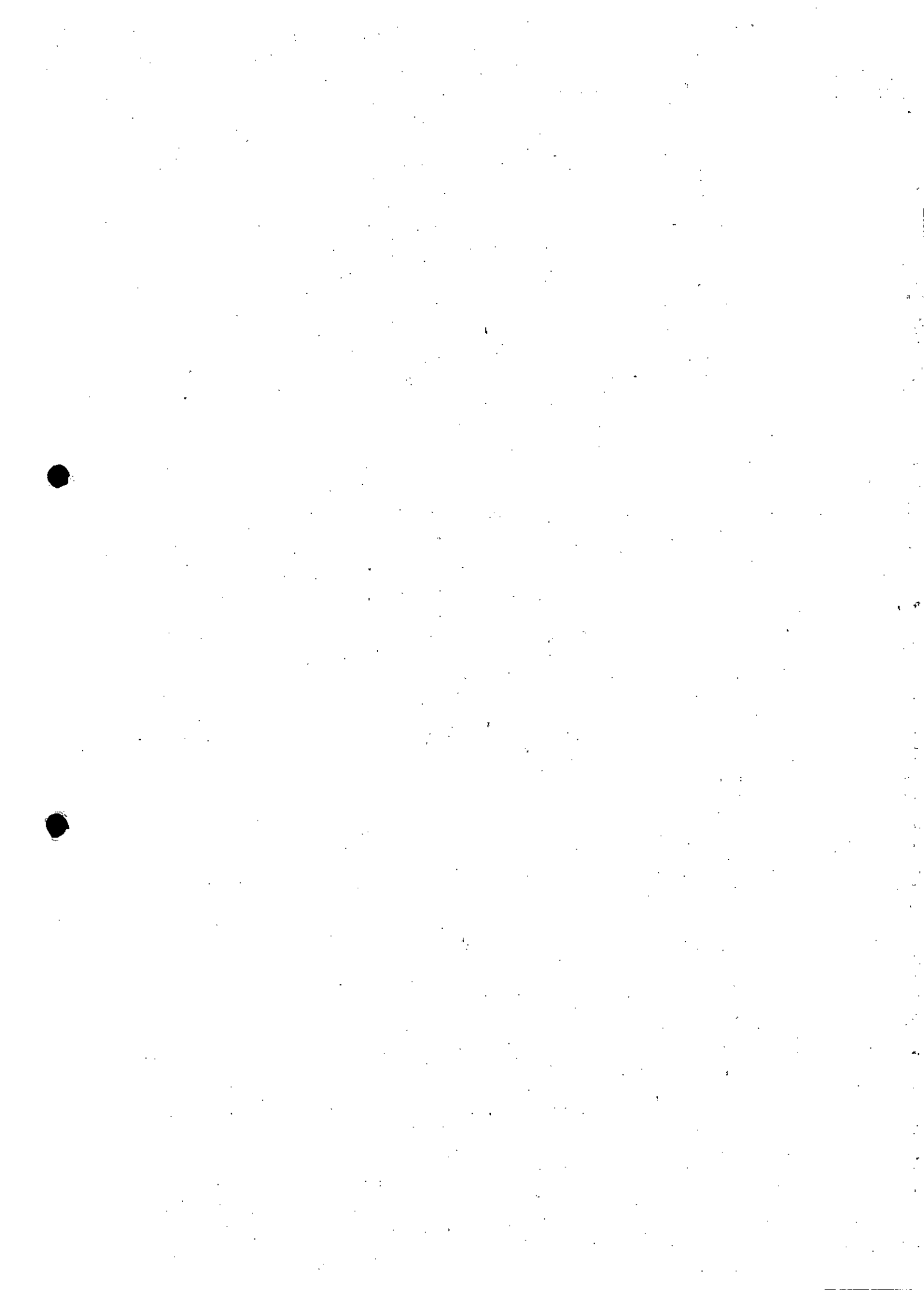


Figura A2.110 – Variação espacial do índice de SST na data 22/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



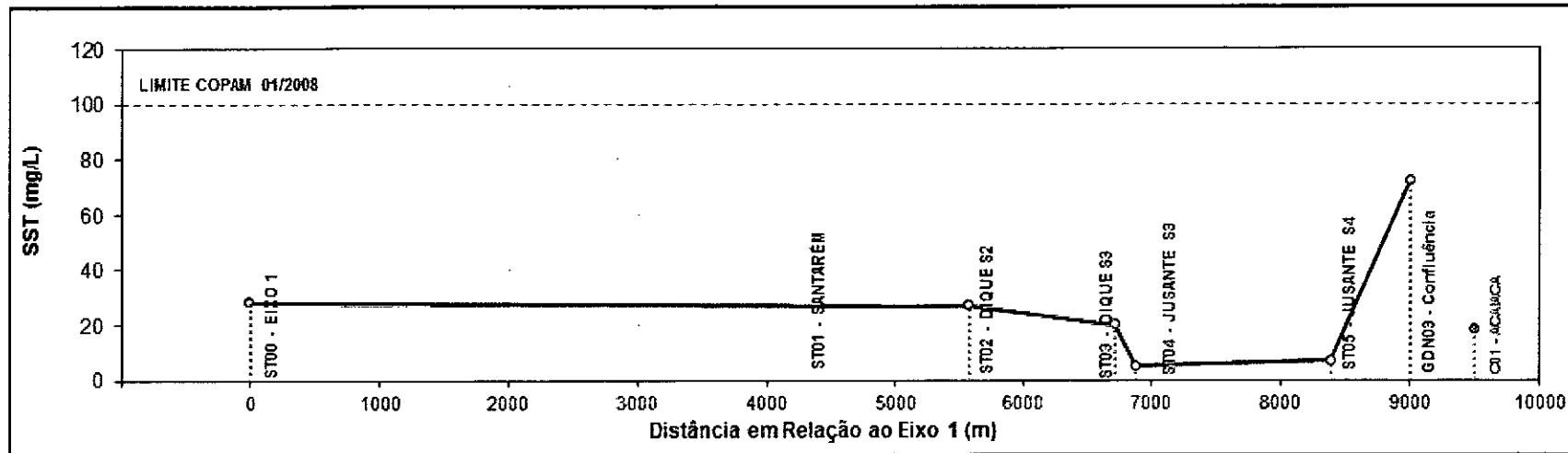


Figura A2.111 – Variação espacial do índice de SST na data 23/01/2017 – Córrego Santarém.

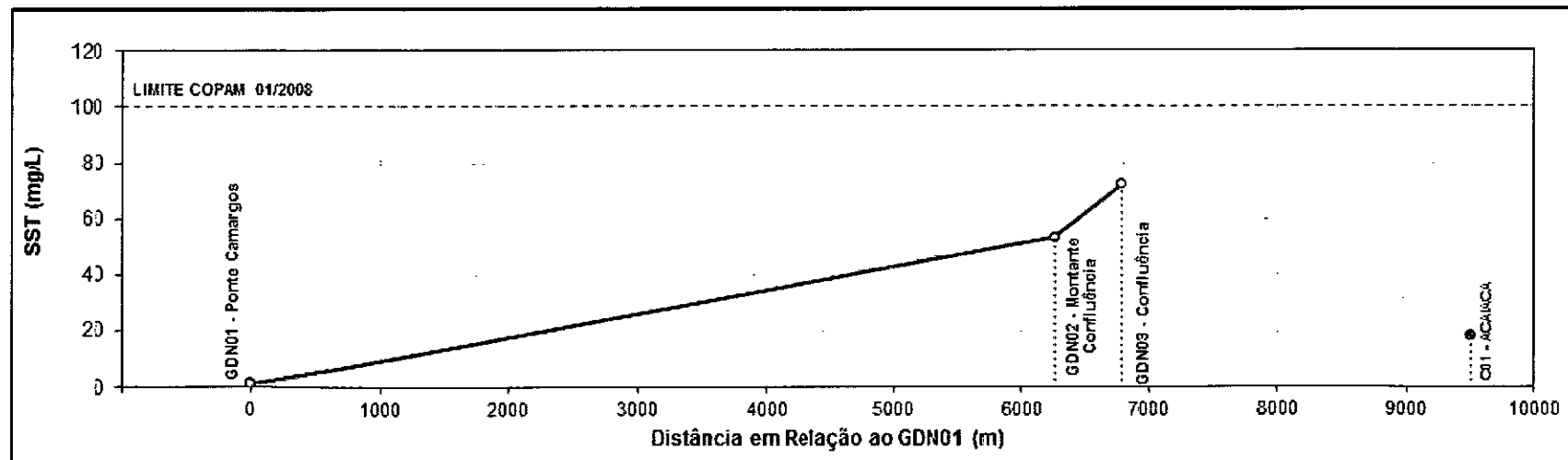
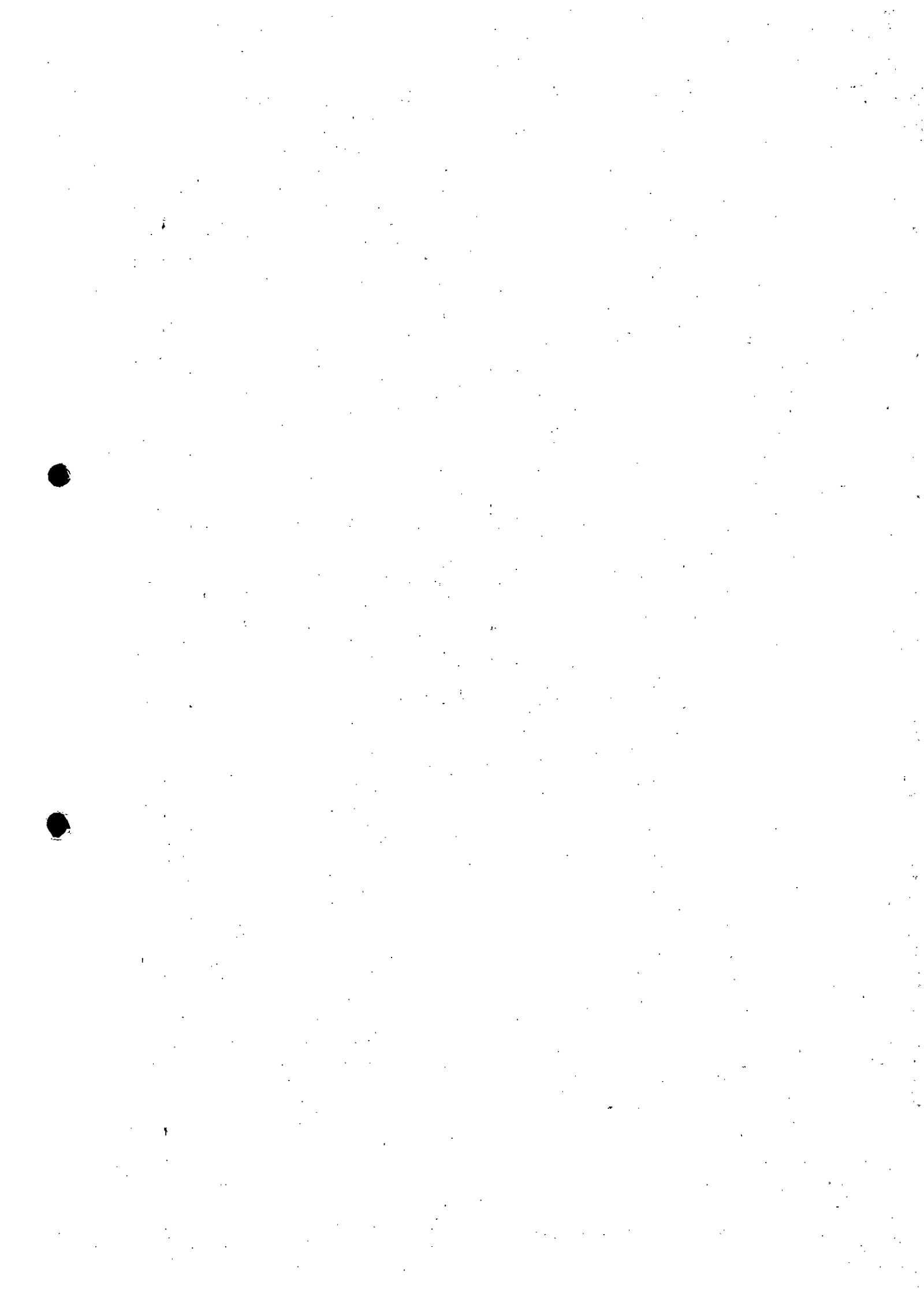


Figura A2.112 – Variação espacial do índice de SST na data 23/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



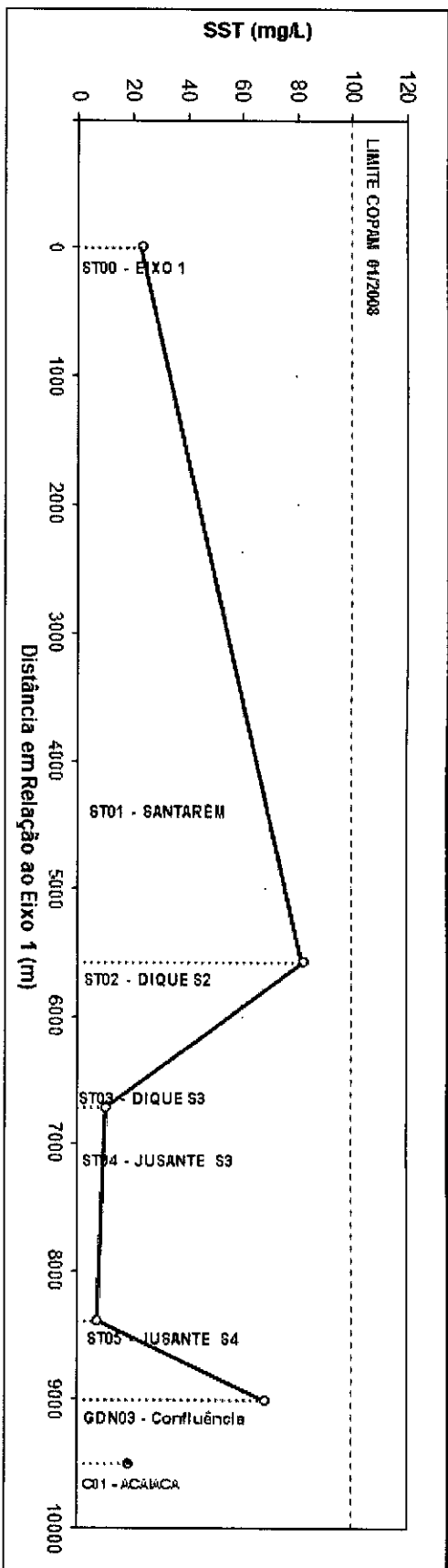


Figura A2.113 – Variação espacial do índice de SST na data 24/01/2017 – Corrego Santarém.

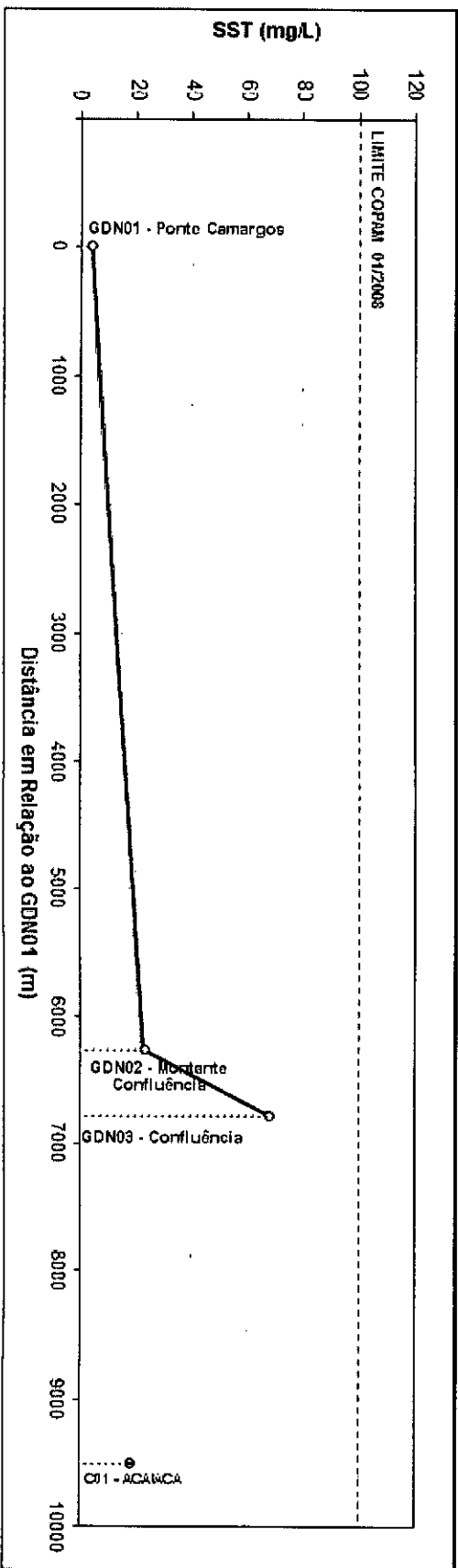
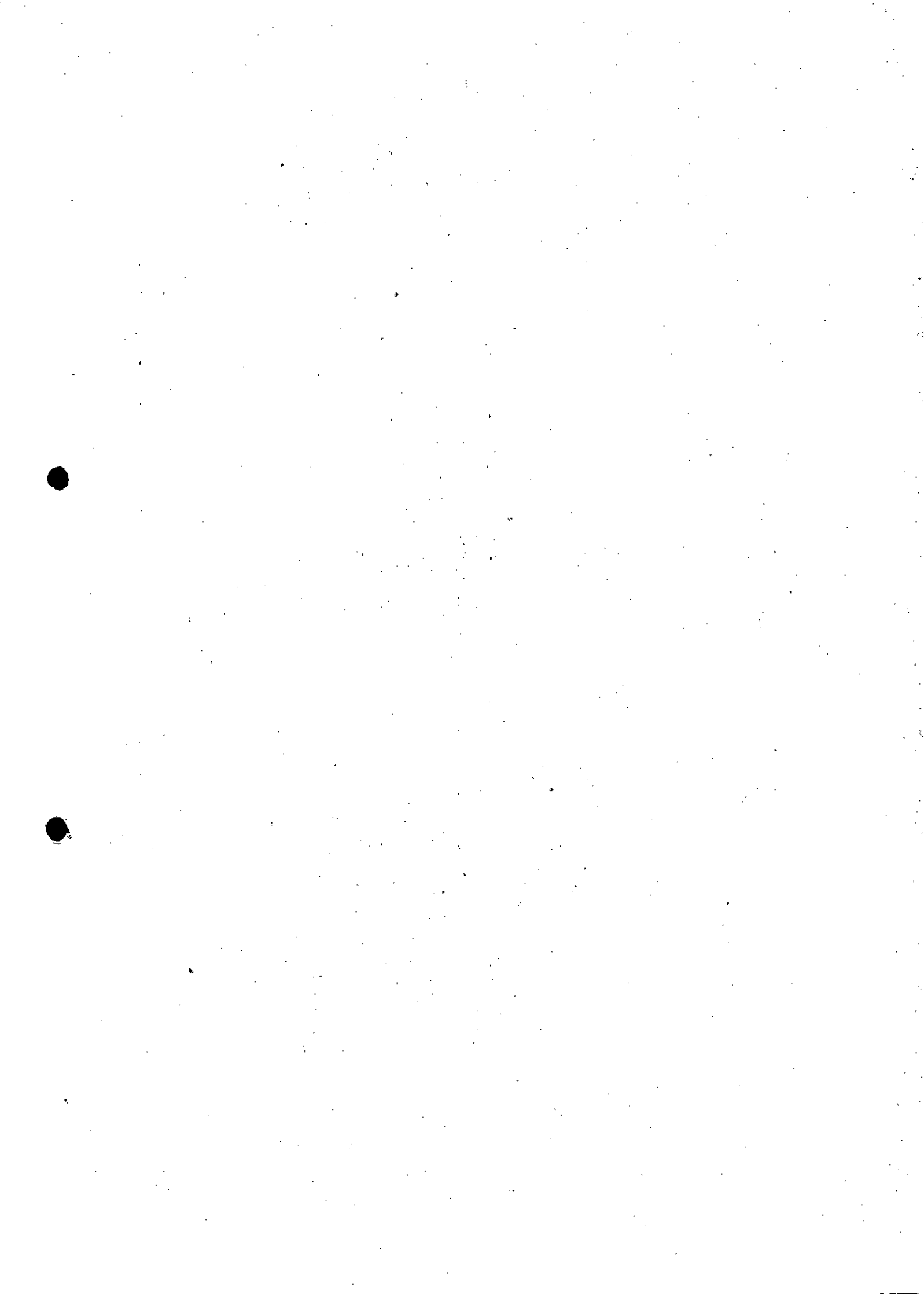


Figura A2.114 – Variação espacial do índice de SST na data 24/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



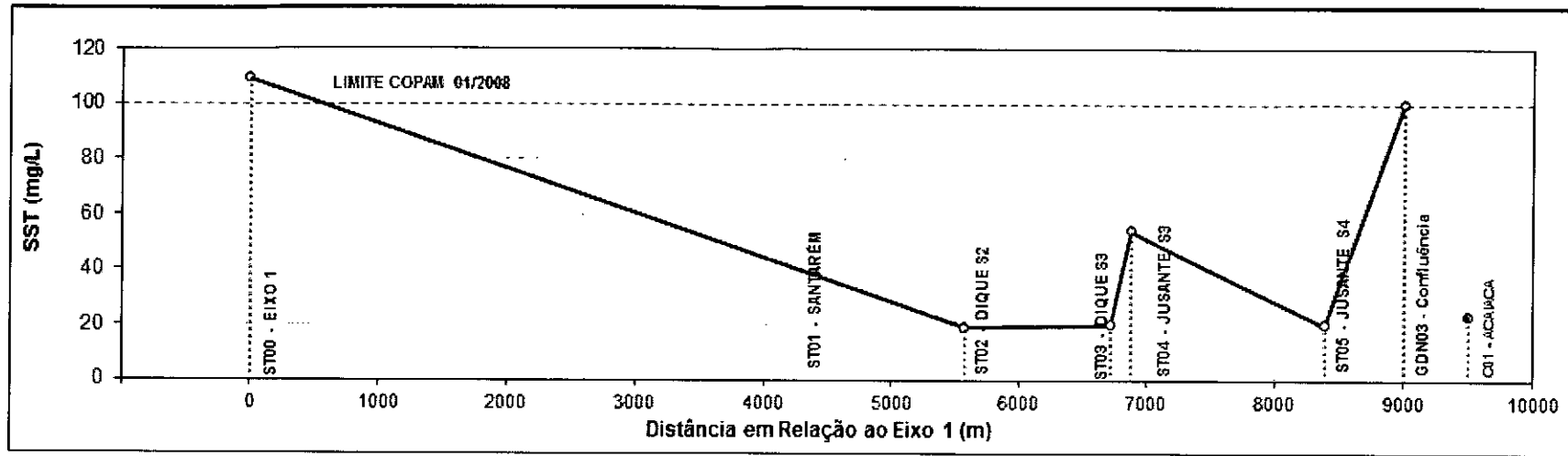


Figura A2.115 – Variação espacial do índice de SST na data 26/01/2017 – Córrego Santarém.

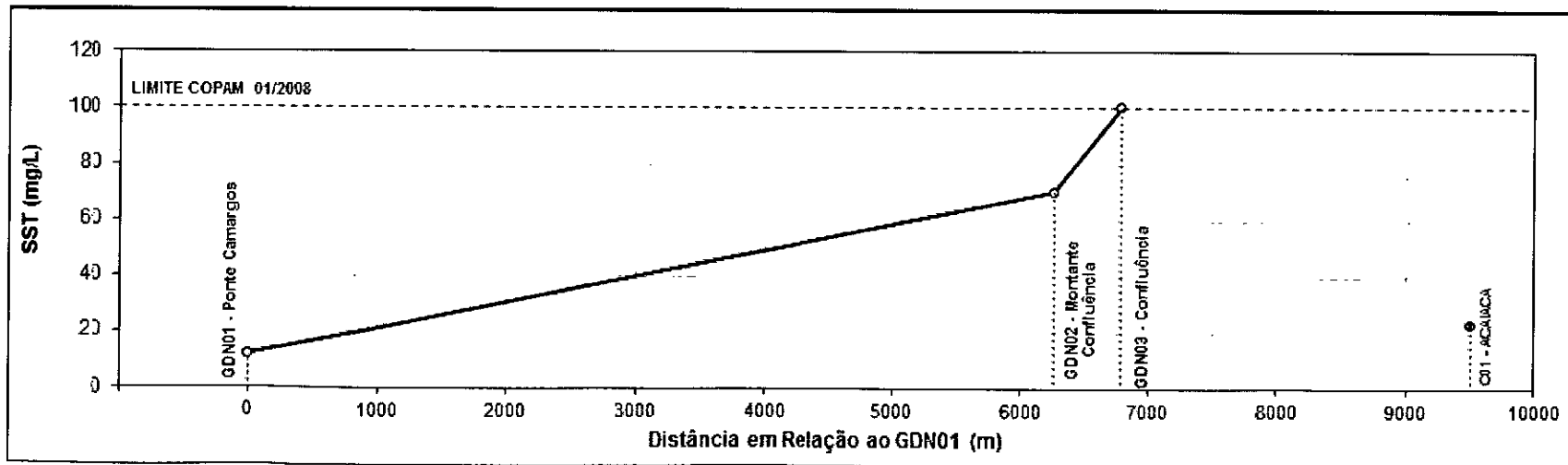
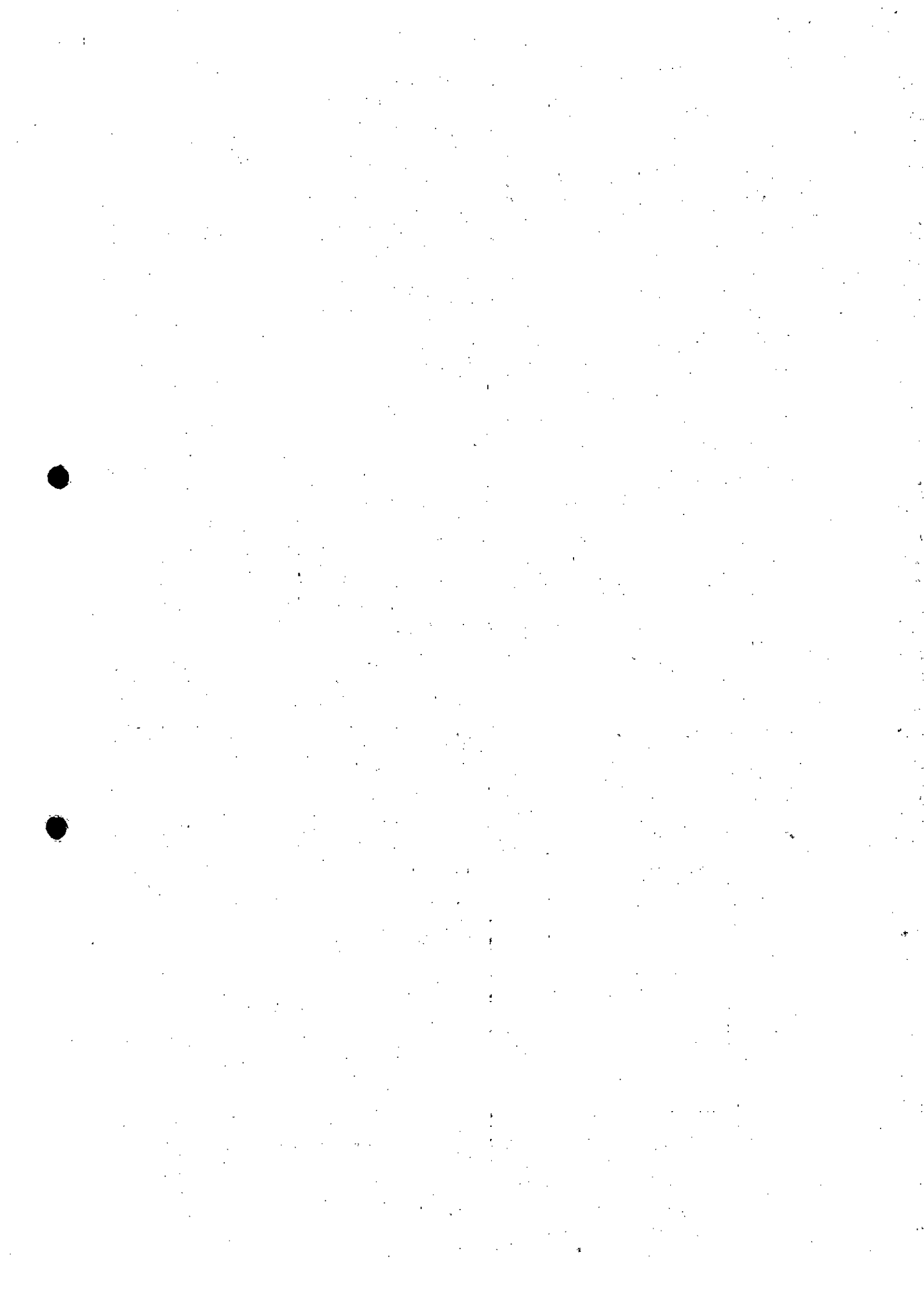


Figura A2.116 – Variação espacial do índice de SST na data 26/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



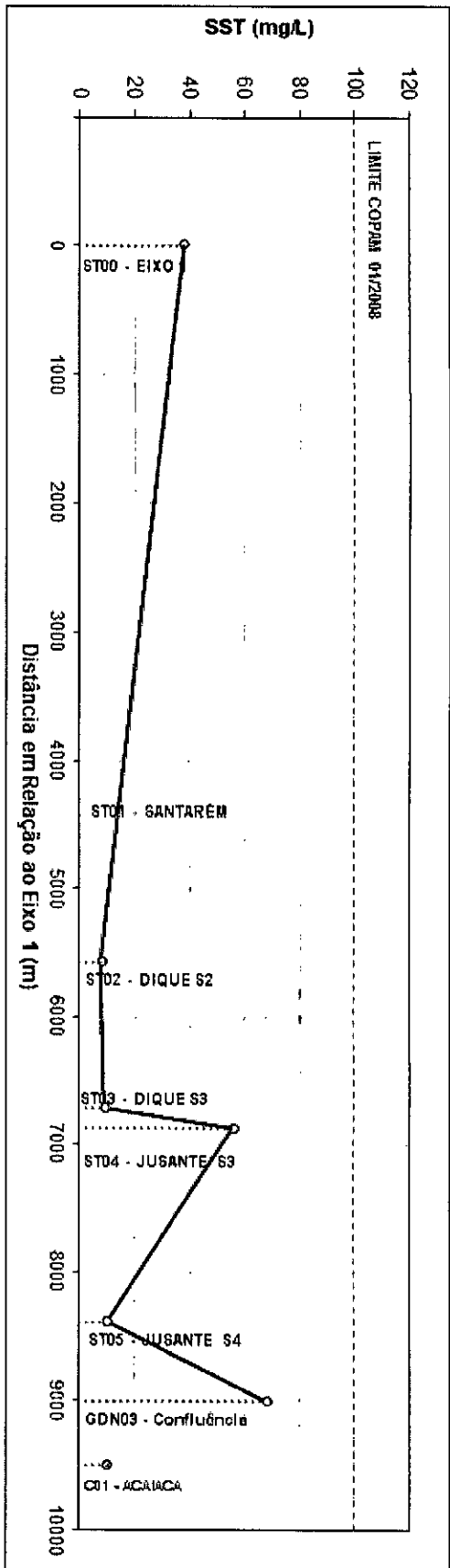


Figura A2.117 – Variação espacial do índice de SST na data 27/01/2017 – Corrego Santarém.

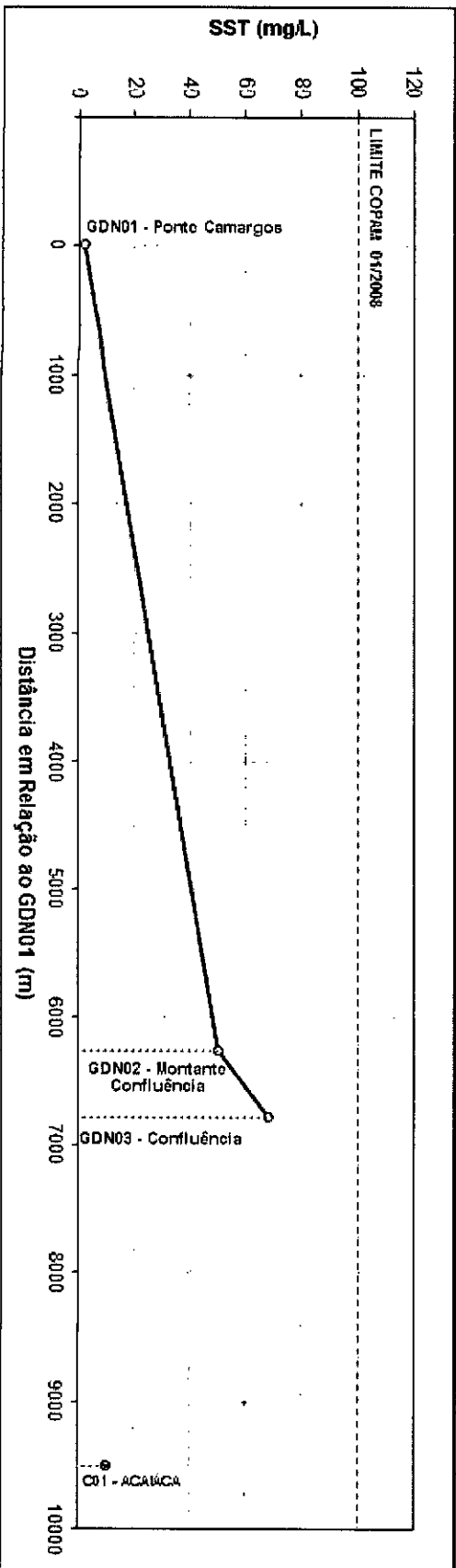
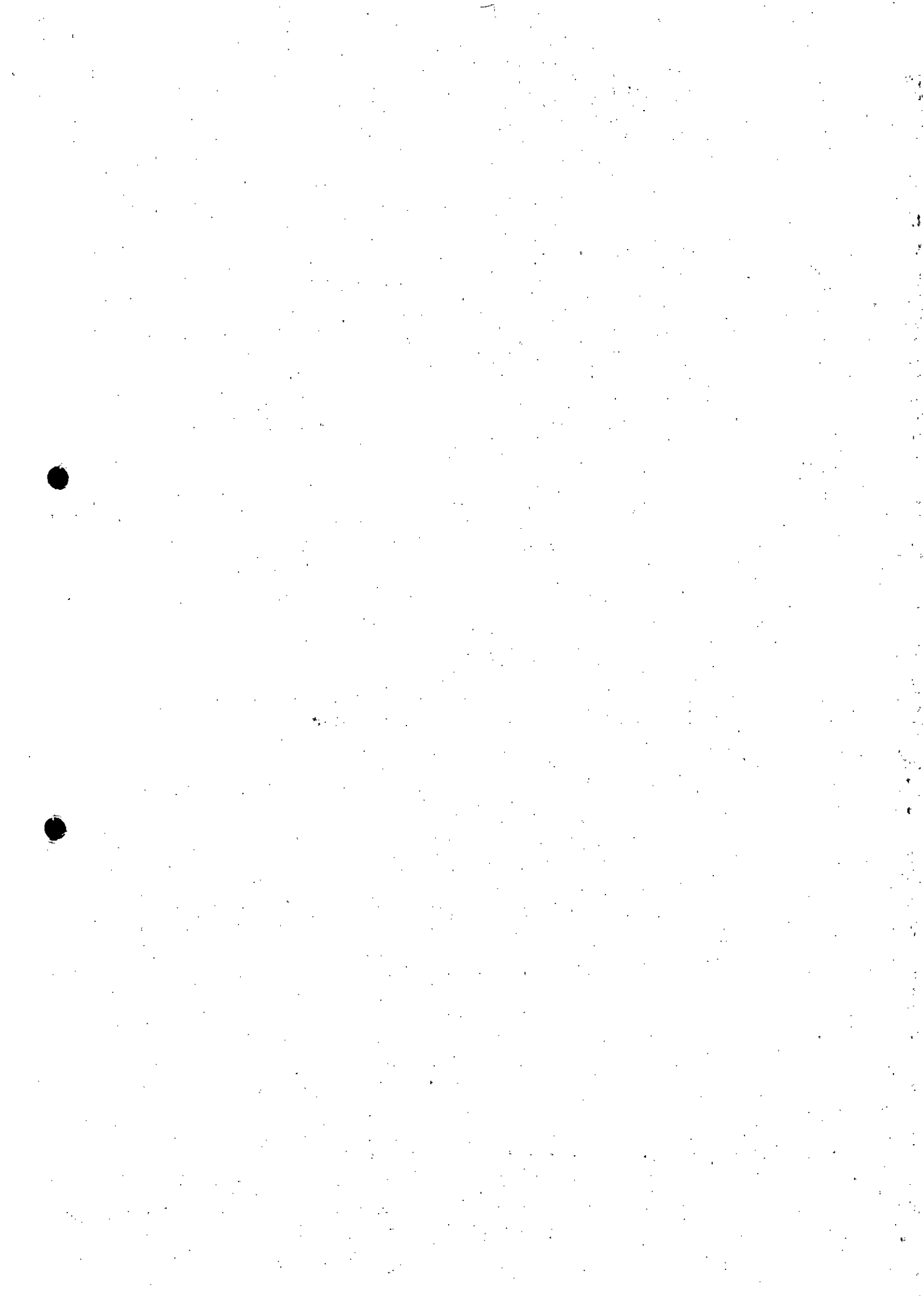


Figura A2.118 – Variação espacial do índice de SST na data 27/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.

ANEXO 03

REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL



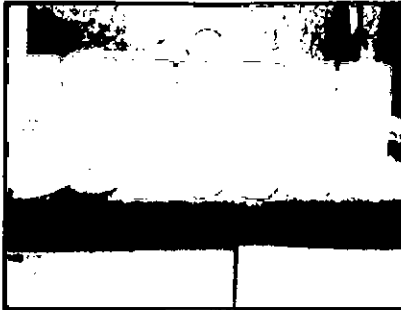


Foto A3.1 – Coleta no dia 29/12/2016.

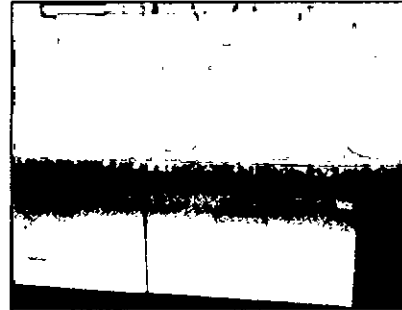


Foto A3.2 – Coleta no dia 30/12/2016.



Foto A3.3 – Coleta no dia 01/01/2017.

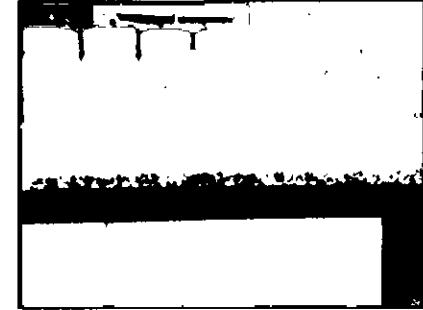


Foto A3.4 – Coleta no dia 02/01/2017.

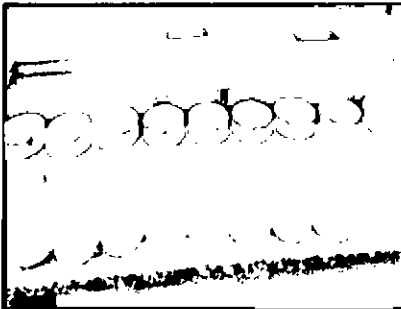


Foto A3.5 – Coleta no dia 03/01/2017.



Foto A3.6 – Coleta no dia 04/01/2017.

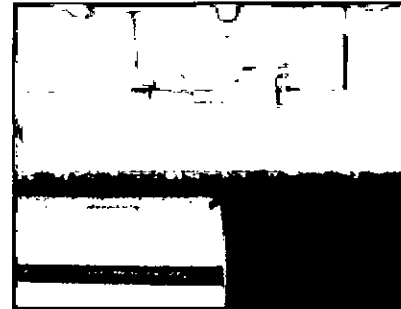


Foto A3.7 – Coleta no dia 05/01/2017.

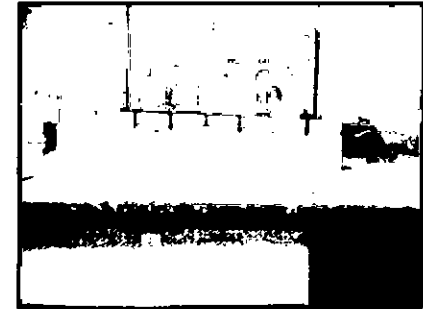


Foto A3.8 – Coleta no dia 06/01/2017.

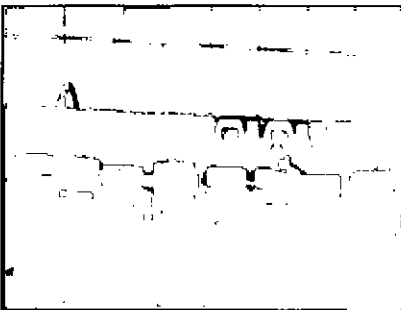


Foto A3.9 – Coleta no dia 07/01/2017.

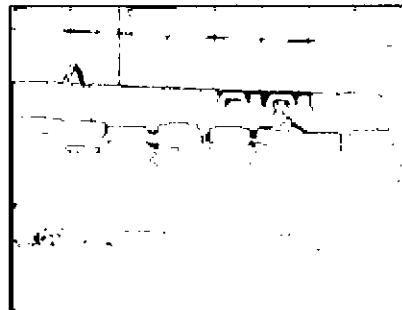


Foto A3.10 – Coleta no dia 08/01/2017.

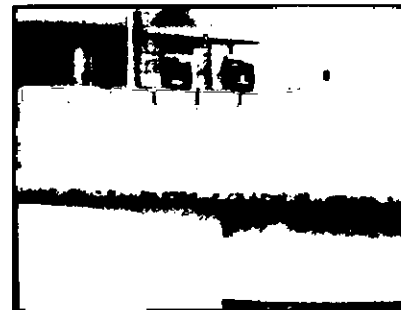


Foto A3.11 – Coleta no dia 09/01/2017.

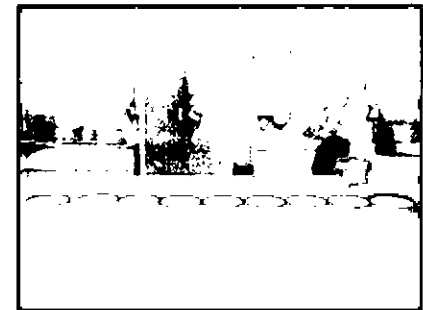
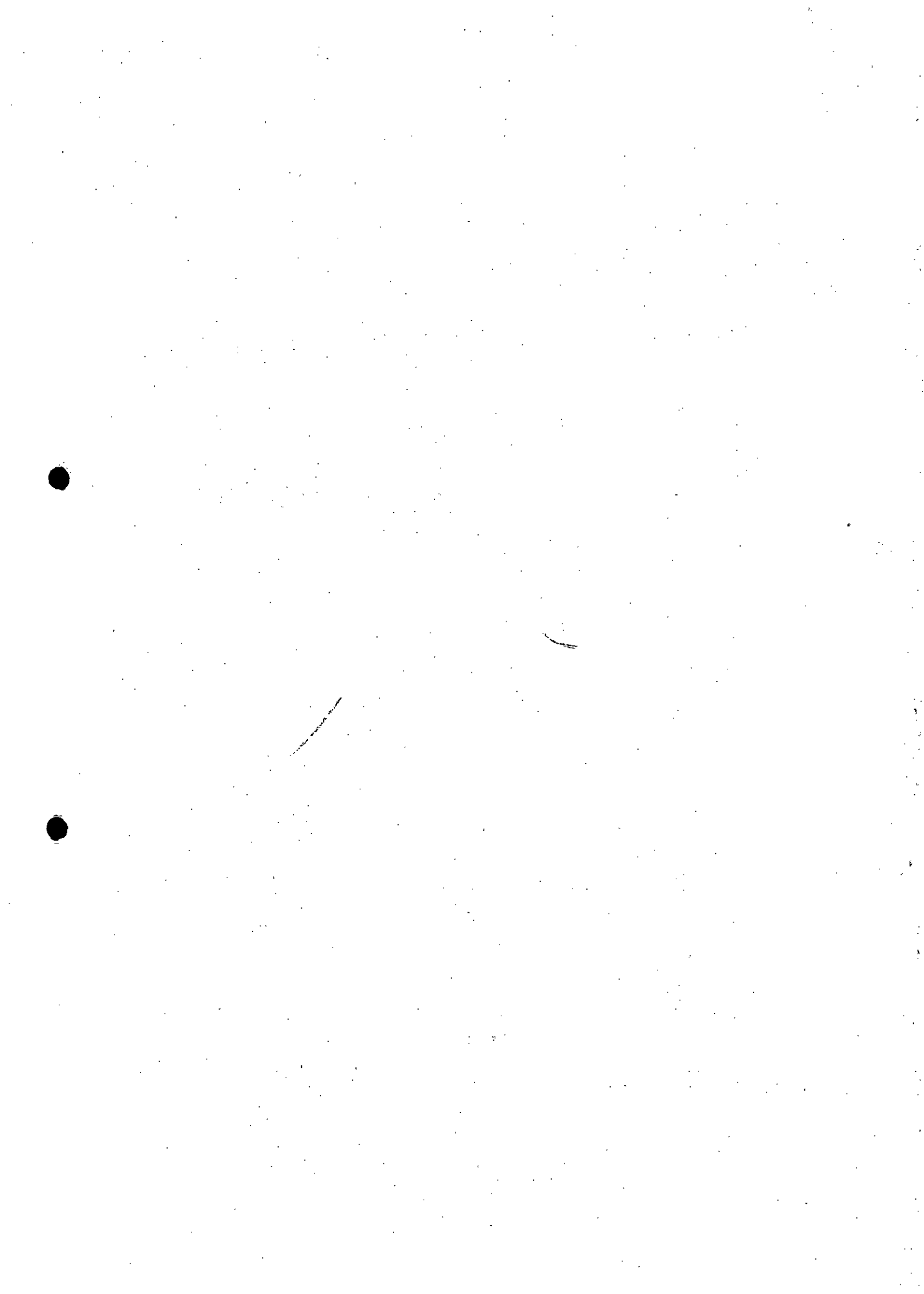


Foto A3.12 – Coleta no dia 10/01/2017.



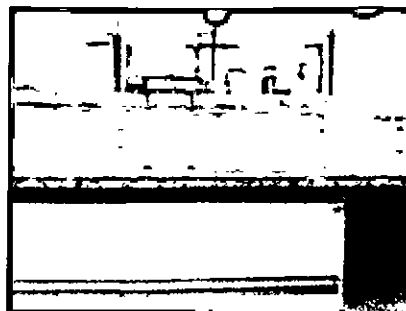


Foto A3.13 – Coleta no dia 11/01/2017.

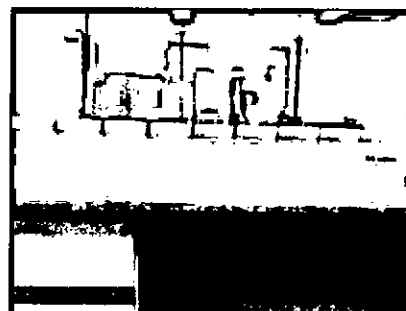


Foto A3.14 – Coleta no dia 12/01/2017.

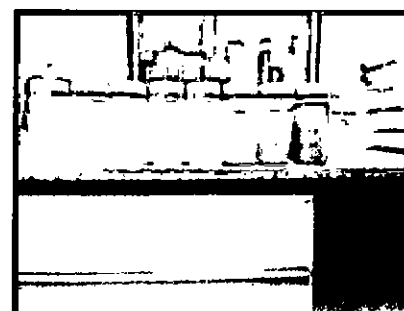


Foto A3.15 – Coleta no dia 13/01/2017.

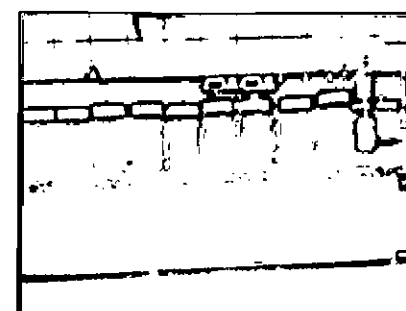


Foto A3.16 – Coleta no dia 14/01/2017.



Foto A3.17 – Coleta no dia 15/01/2017.

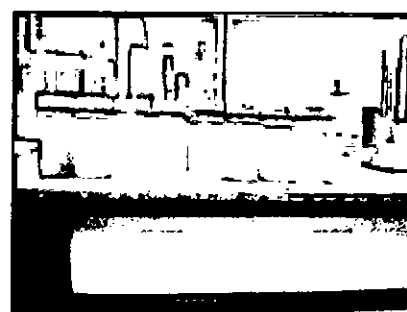


Foto A3.18 – Coleta no dia 16/01/2017.

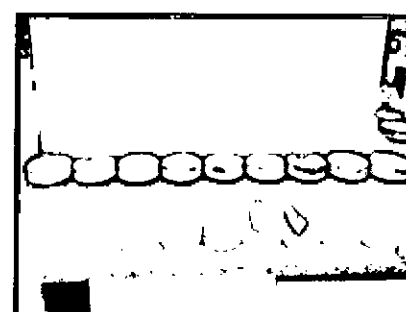


Foto A3.19 – Coleta no dia 17/01/2017.

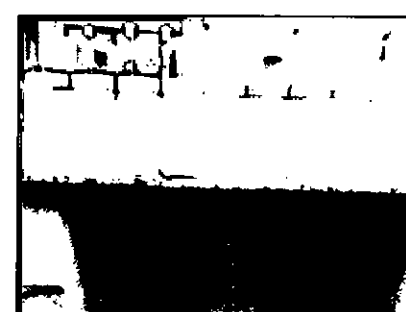


Foto A3.20 – Coleta no dia 18/01/2017.

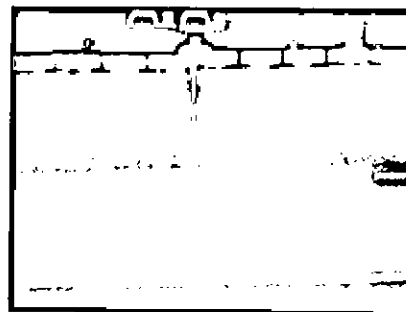


Foto A3.21 – Coleta no dia 19/01/2017.

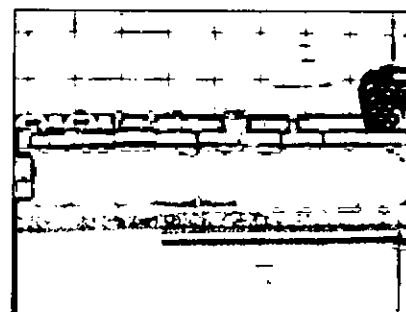


Foto A3.22 – Coleta no dia 20/01/2017.

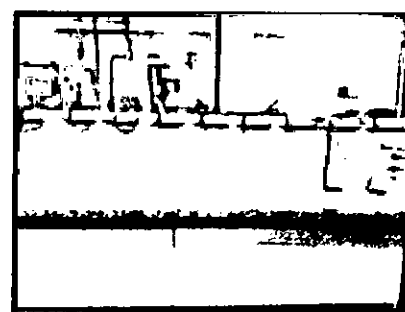


Foto A3.23 – Coleta no dia 21/01/2017.

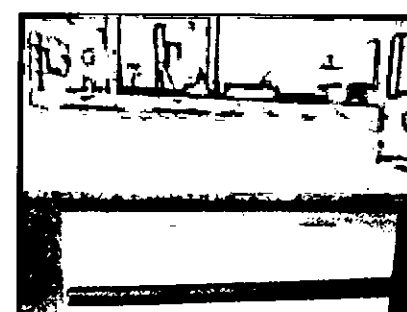
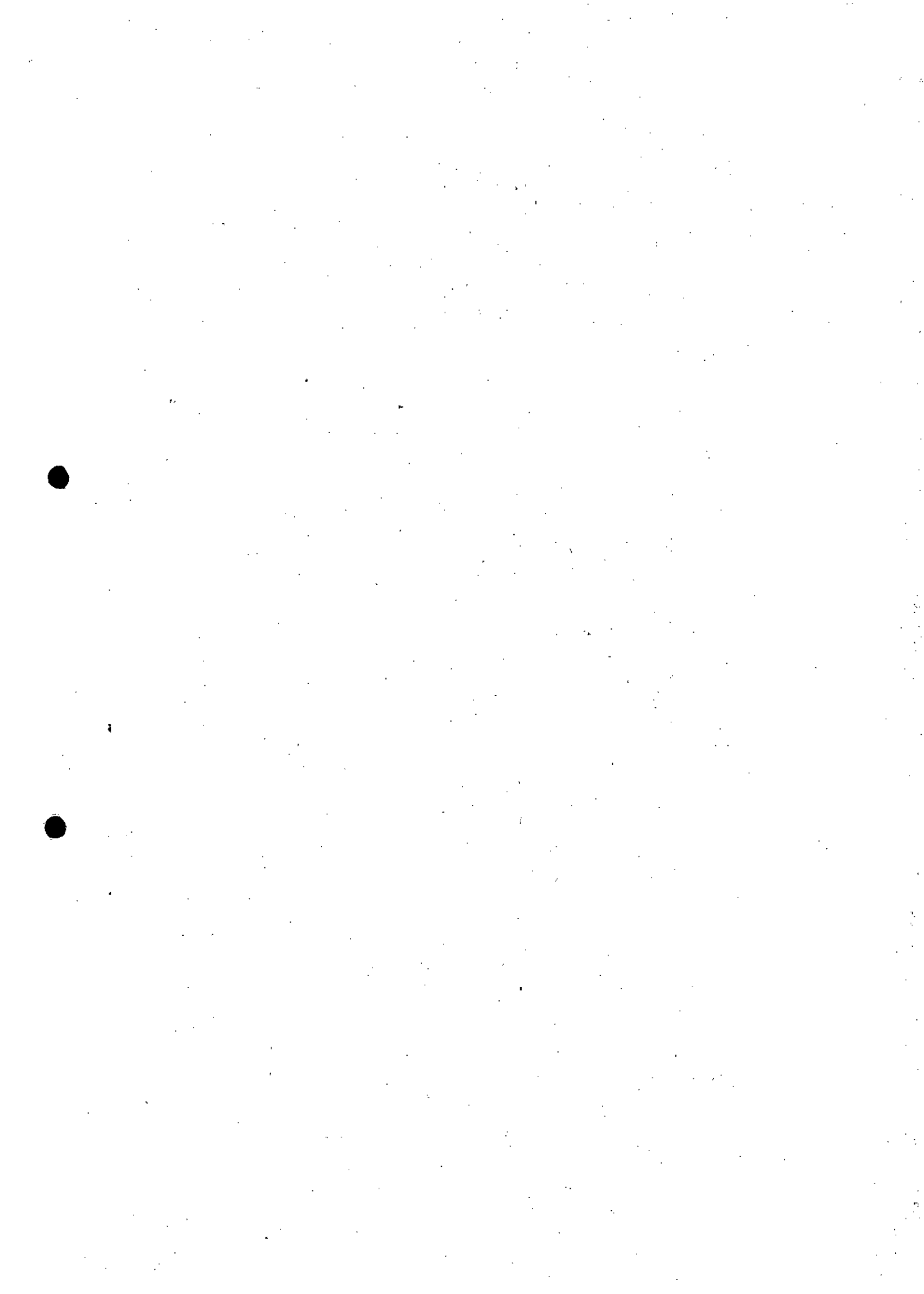


Foto A3.24 – Coleta no dia 22/01/2017.



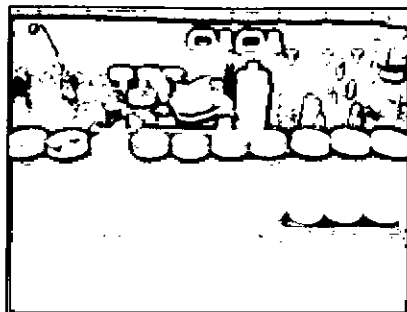


Foto A3.25 – Coleta no dia 23/01/2017.

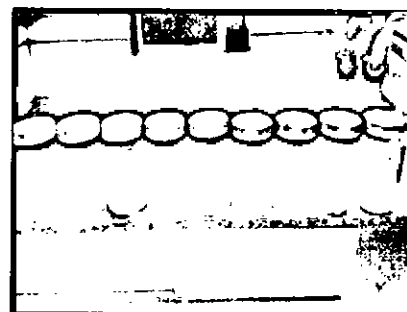


Foto A3.26 – Coleta no dia 24/01/2017.

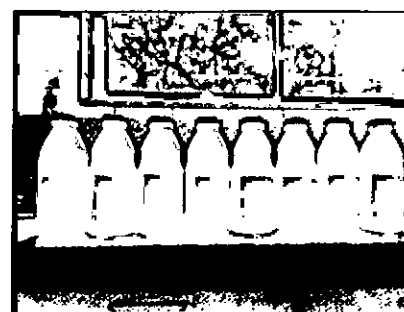


Foto A3.27 – Coleta no dia 26/01/2017.

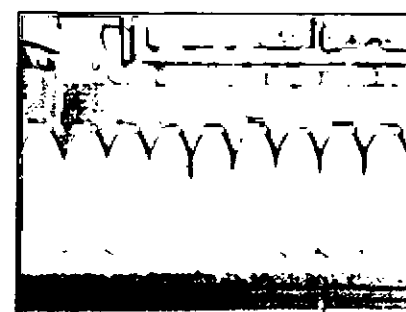


Foto A3.28 – Coleta no dia 26/01/2017.

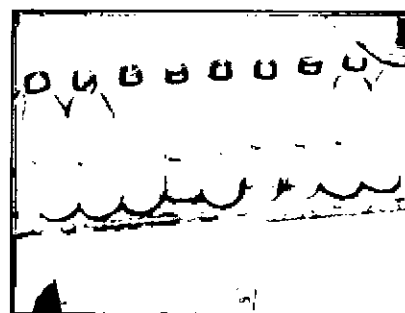
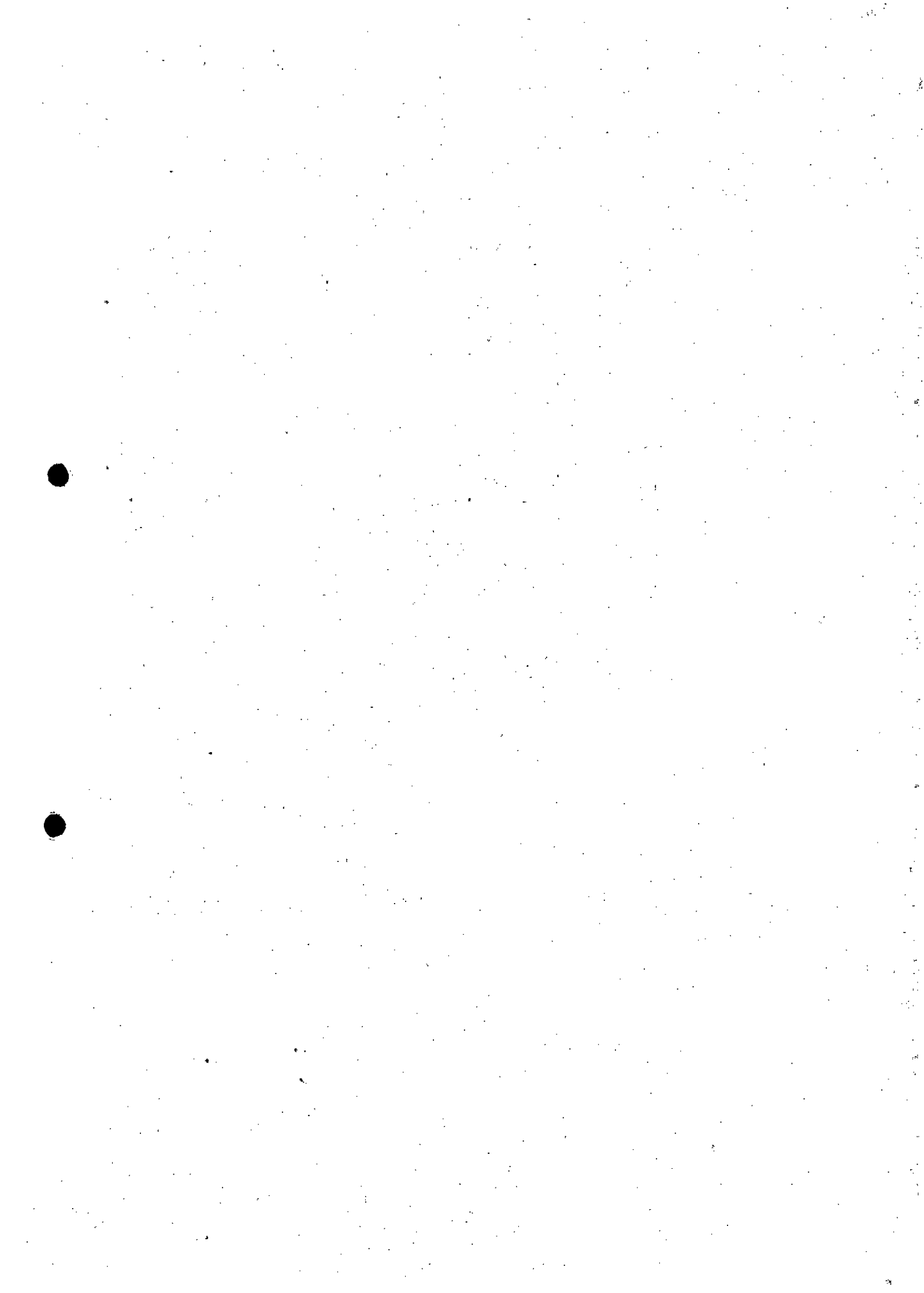


Foto A3.29 – Coleta no dia 27/01/2017.



GERMANO – GERAL

ÁREA EXTERNA

UHE CANDONGA – ESTUDO DE RECUPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

BARRAMENTOS INTERMEDIARIOS A E B - MEMORIAL DESCRITIVO


PROJETO EXECUTIVO

R E V I S O E S								
	00	Emissão Inicial	B	13/06/2016	BGM/SRL	JEF	MAS	MAS
	Nº	DESCRIÇÃO	T.E.	DATA	PREP.	VERIF	APROV	LIBER.

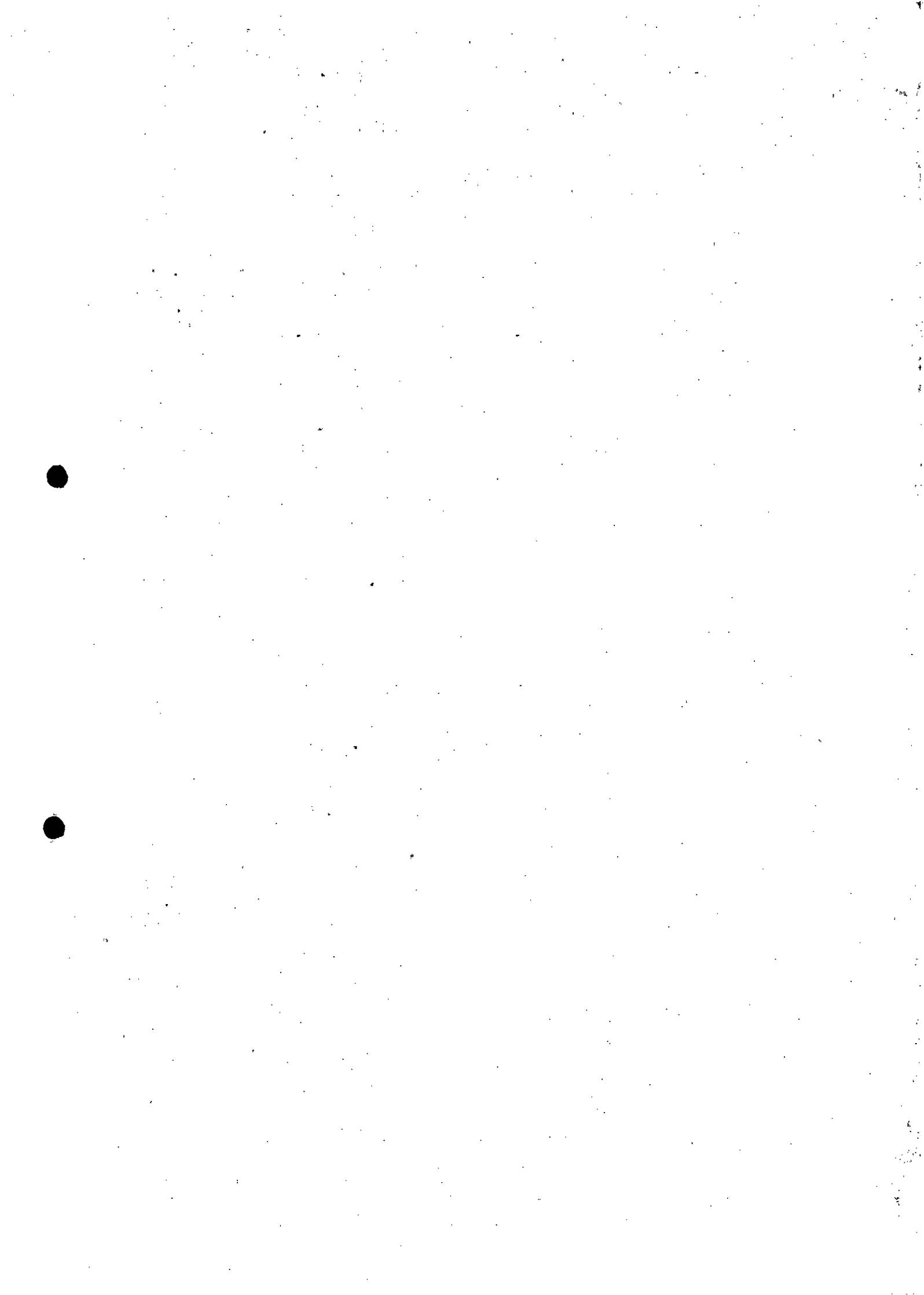
T.E – TIPOS DE EMISSÃO

A – Preliminar C – P/ Conhecimento E – P/ Construção G – Conforme construído L – Aprovado
B – P/ Aprovação D – P/ Cotação F – Conforme comprado H – Cancelado

Preparado BGM/SRL	Verificado JEF	Aprovado MAS	Liberado MAS	Data 13/06/2016	O.S. 4500168262
----------------------	-------------------	-----------------	-----------------	--------------------	--------------------

	Nº PROJETISTA I: S0867B01-1-G10-MCL-0001	Rev.: 00	PÁGINA: 1/20
	Nº PROJETISTA II:		

 DESENVOLVIMENTO COM ENVOLVIMENTO	SAMARCO MINERAÇÃO S.A.	Nº SAMARCO: G006900-C-1MD001
---	-------------------------------	---------------------------------



SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	3
2.	EVOLUÇÃO DO ASSOREAMENTO DA UHE RISOLETA NEVES	3
3.	AVALIAÇÃO DO REMANSO DO RESERVATÓRIO	12
4.	ALTERNATIVA PARA REMOÇÃO DOS SEDIMENTOS E PROLONGAMENTO DA VIDA ÚTIL.....	15
5.	DETERMINAÇÃO DA COTA DE DRAGAGEM E AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DESCARGA DO VERTEDOURO	18
6.	SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA	20

1. INTRODUÇÃO

Este relatório visa apresentar os estudos referentes a evolução do depósito de sedimentos no reservatório da UHE Risoleta Neves, decorrente de fenômenos naturais e do rompimento da Barragem de Fundão, sua remoção e ações mitigadoras para minimizar o aporte e facilitar remoções futuras.

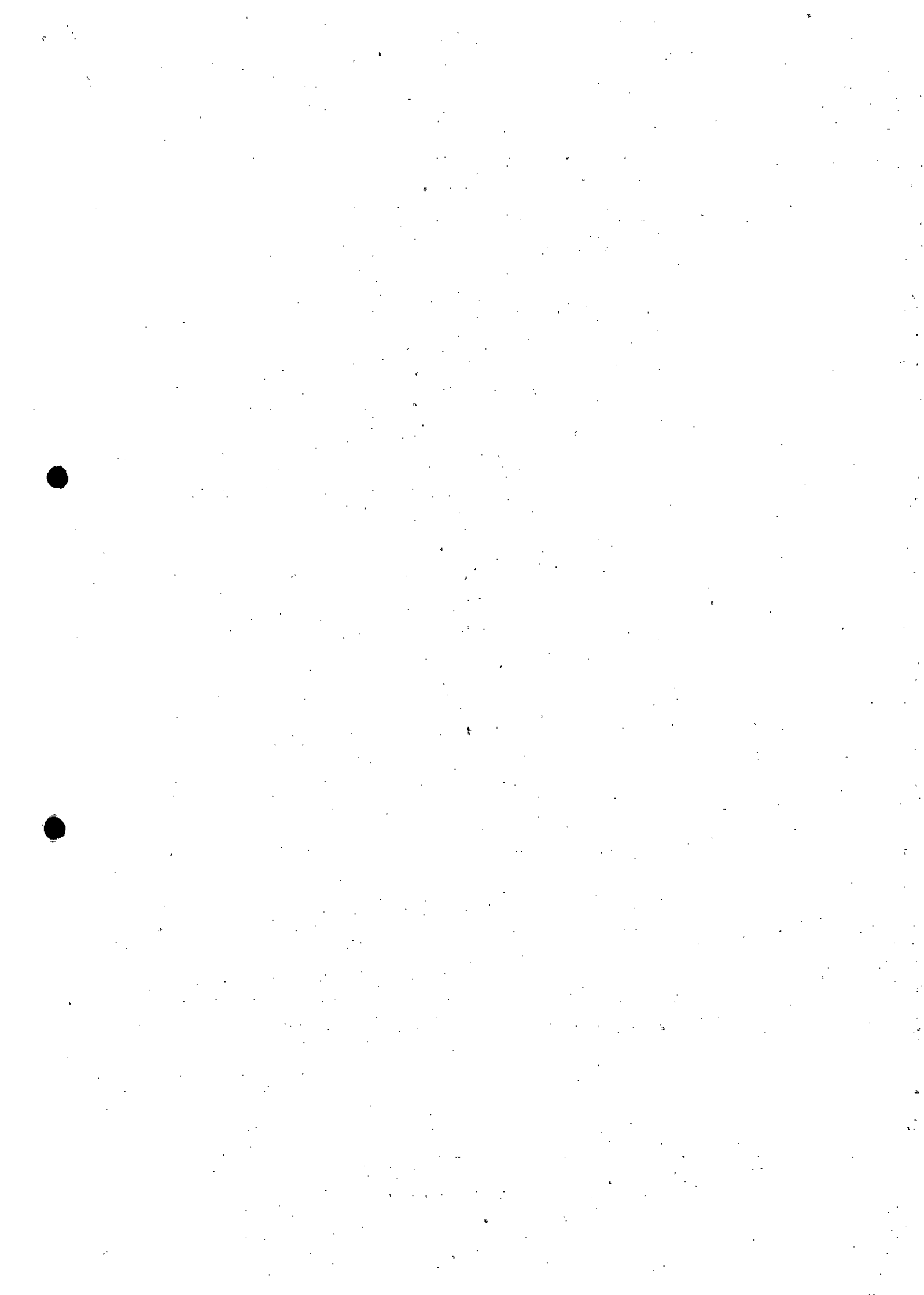
Ressalta-se que as Especificações Técnicas relativas à dragagem e áreas de bota-fora não são apresentadas neste documento, sendo elaboradas pela empresa contratante.

2. EVOLUÇÃO DO ASSOREAMENTO DA UHE RISOLETA NEVES

A Usina Risoleta Neves teve sua operação iniciada em 2004, com um volume total de 54,44 hm³ de água no reservatório, considerando a cota normal de operação de 327,50 m. A Tomada d'Água tem geratriz inferior na cota 308,20 m e o Vertedouro é do tipo controlado com três comportas de dimensões 12,00 x 17,35 m e crista da ogiva na cota 311,00 m. O Quadro 1 apresenta os dados da curva cota x área x volume do reservatório prevista no projeto básico.

Quadro 1. Curva cota x área x volume do reservatório (Fonte: Relatório do Projeto Básico, Geoprojetos Eng. Ltda., 2000)

Cota (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)
280,0	0,00	0,00
285,0	0,13	0,33
290,0	0,26	1,32
295,0	0,54	3,33
300,0	0,81	6,70
305,0	1,08	11,44
310,0	1,42	17,69
315,0	1,70	25,50
320,0	2,08	34,96
325,0	2,48	48,38
327,5	2,86	54,44
330,0	2,99	60,05



No projeto básico era previsto um aporte de sedimentos de 1.263.000 ton/ano, entre sedimentos em suspensão e de arraste, com uma densidade média estimada em 1,2 ton/m³, portanto 1.052.500 m³/ano. Nesta etapa foram realizados estudos de assoreamento a partir do método de Brune, que correlaciona o volume do reservatório com o aporte anual de sedimentos para estimar a taxa de detenção. Os estudos estão sintetizados no Quadro 2, que faz referência a um estudo desenvolvido pela Themag para os estudos de viabilidade, em 1998.

Quadro 2. Sedimentação no reservatório (Fonte: Relatório do Projeto Básico, Geoprojetos Eng. Ltda, 2000)

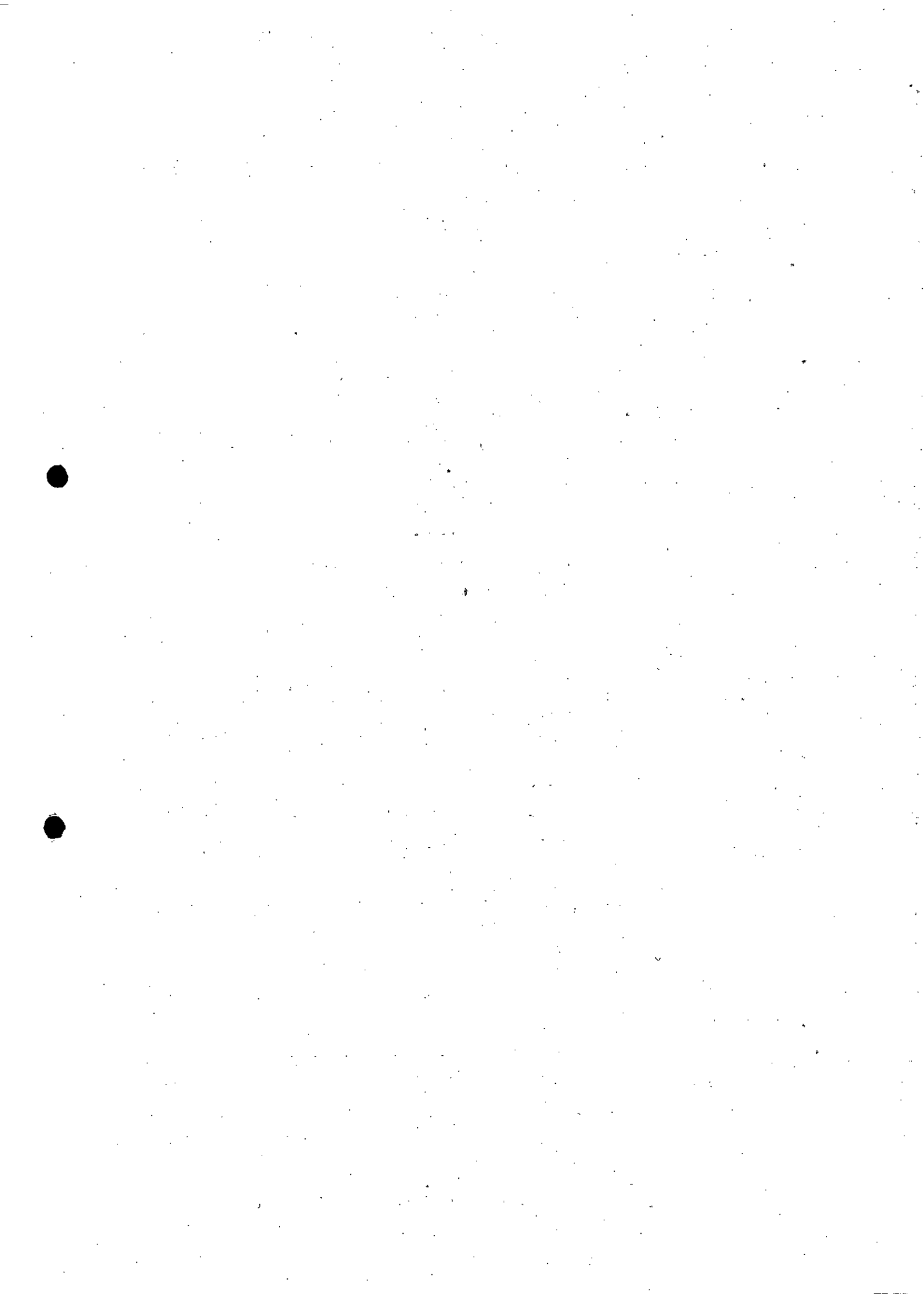
Capacidade remanescente (hm ³)	Relação capacidade/ afluxo anual	Eficiência de retenção para o volume (%)	Eficiência de retenção média (%)	Sedimentos retidos (hm ³)	Diferença de capacidade (hm ³)	Anos para encher
53,21	0,0120	50	-	-	-	-
42,57	0,0100	47	48,5	0,51	10,64	21
31,93	0,0074	38	42,5	0,447	10,64	24
21,28	0,0049	29	33,5	0,353	10,64	30
10,64	0,0025	10	19,5	0,205	10,64	52
TOTAL						127

Observa-se que os estudos avaliaram o tempo necessário para que a redução da capacidade do reservatório em intervalos de 20% de sua capacidade inicial, apresentada neste estudo como 53,21 hm³, portanto 10,64 hm³. Assim, considerando os dados do Quadro 2, a curva cota x área x volume o ano inicial de 2004, teríamos o seguinte, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3. Estimativa da cota de fundo do reservatório considerando o assoreamento

Volume assoreado (hm ³)	Volume remanescente (hm ³)	Cota do fundo (m)	Ano
0	53,21	280,00	2004
10,64	42,57	304,16	2025
21,28	31,93	312,30	2049
31,92	21,29	318,39	2079
42,56	10,65	322,83	2131

Entretanto, foram realizados levantamentos topobatimétricos nos anos de 2007, Maio/2014 e Novembro/2015, sendo este último realizado após o rompimento da barragem de Fundão, que apresentaram divergências com relação à expectativa de assoreamento do projeto.



Em Março/2016 foi realizado outro levantamento, apenas na região mais próxima ao barramento, não permitindo, portanto, aferir com precisão o volume depositado. Entretanto, o assoreamento parece estar na cota 312,00 m em toda a área, sendo feita uma estimativa com esta cota para todo o reservatório, resultando em um volume de deposição de 3.976.592 m³ entre Novembro/2015 e Março/2016.

Quadro 4. Evolução da cota x área x volume observada no reservatório (Fonte: Samarco, 2015)

Cota (m)	Volume (m ³)				
	2004	2007	2014	2015	2016*
280	-	-	-	-	-
285	216.667	23.248	-	-	-
290	1.173.080	429.978	21.062	-	-
295	3.130.913	1.793.928	781.176	-	-
300	6.483.183	4.402.590	2.787.538	-	-
305	11.192.029	8.423.888	6.145.441	-	-
310	17.422.672	13.873.270	10.989.418	2.486.134	-
315	25.212.181	20.965.979	17.360.426	7.530.986	3.554.394
320	34.646.223	29.681.988	25.590.543	15.627.205	11.650.613
325	46.031.575	40.407.681	35.412.852	26.605.320	22.628.728
327,5	52.700.935	46.901.261	41.939.601	32.802.616	28.826.024

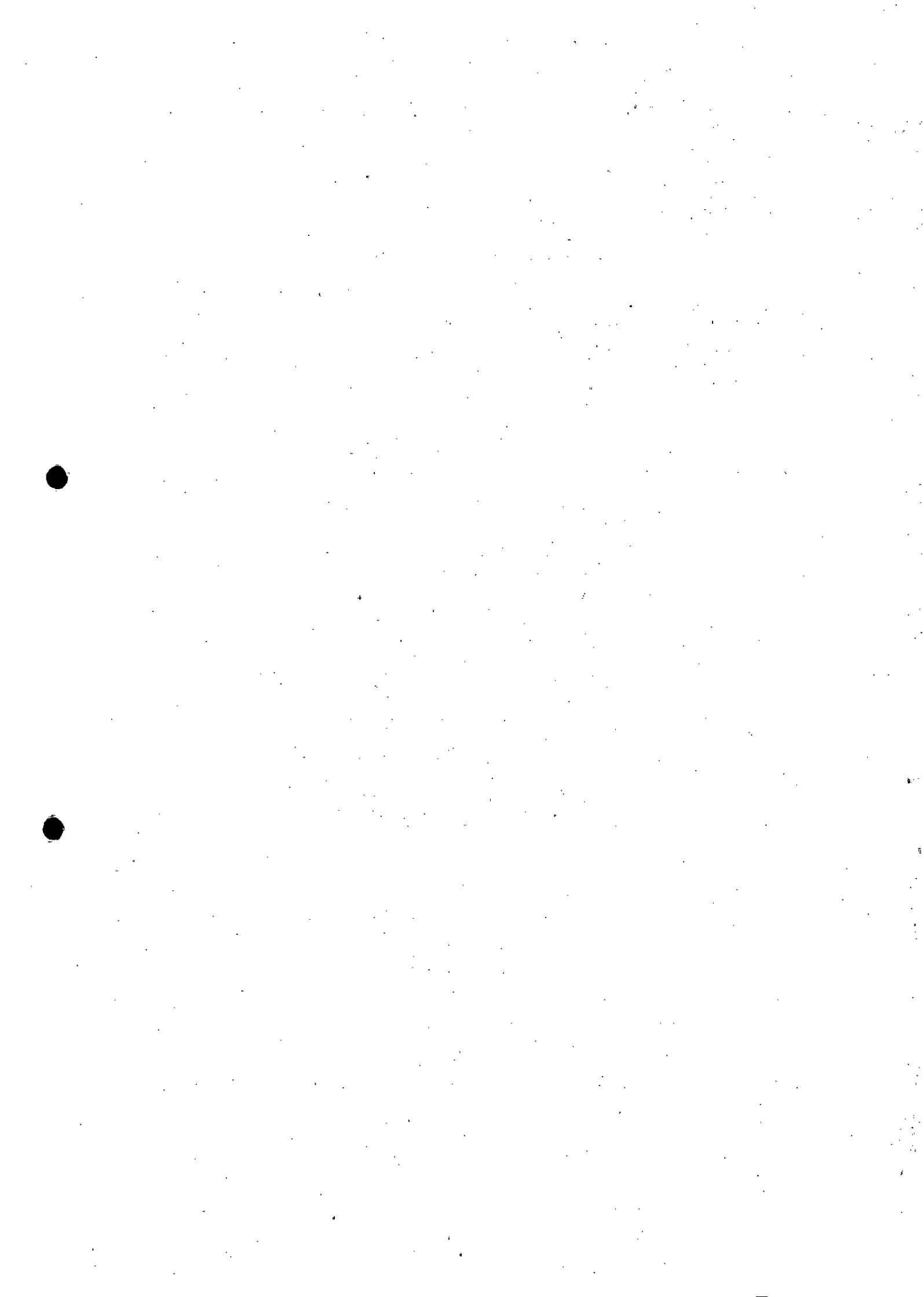
*valores estimados

Considerando-se somente o volume total na cota 327,50 m, temos as seguintes taxas de redução de capacidade apresentadas no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5. Taxa de redução de volume do reservatório

Ano	Meses	Volume disponível (hm ³)	Redução de volume (hm ³)	Taxa de redução (hm ³ /ano)
2004	-	52.700.935	-	-
2007	36	46.901.261	5.799.674	1.933.225
Mai / 2014	88	41.939.601	4.961.660	676.590
Nov / 2015	18	32.802.616	9.136.985	6.091.323

Observa-se que, no período entre 2004 e 2007, considerando 36 meses, o reservatório sofreu deposição de sedimentos a uma taxa média de 1,93 hm³/ano. No resumo dos estudos anteriormente apresentados,

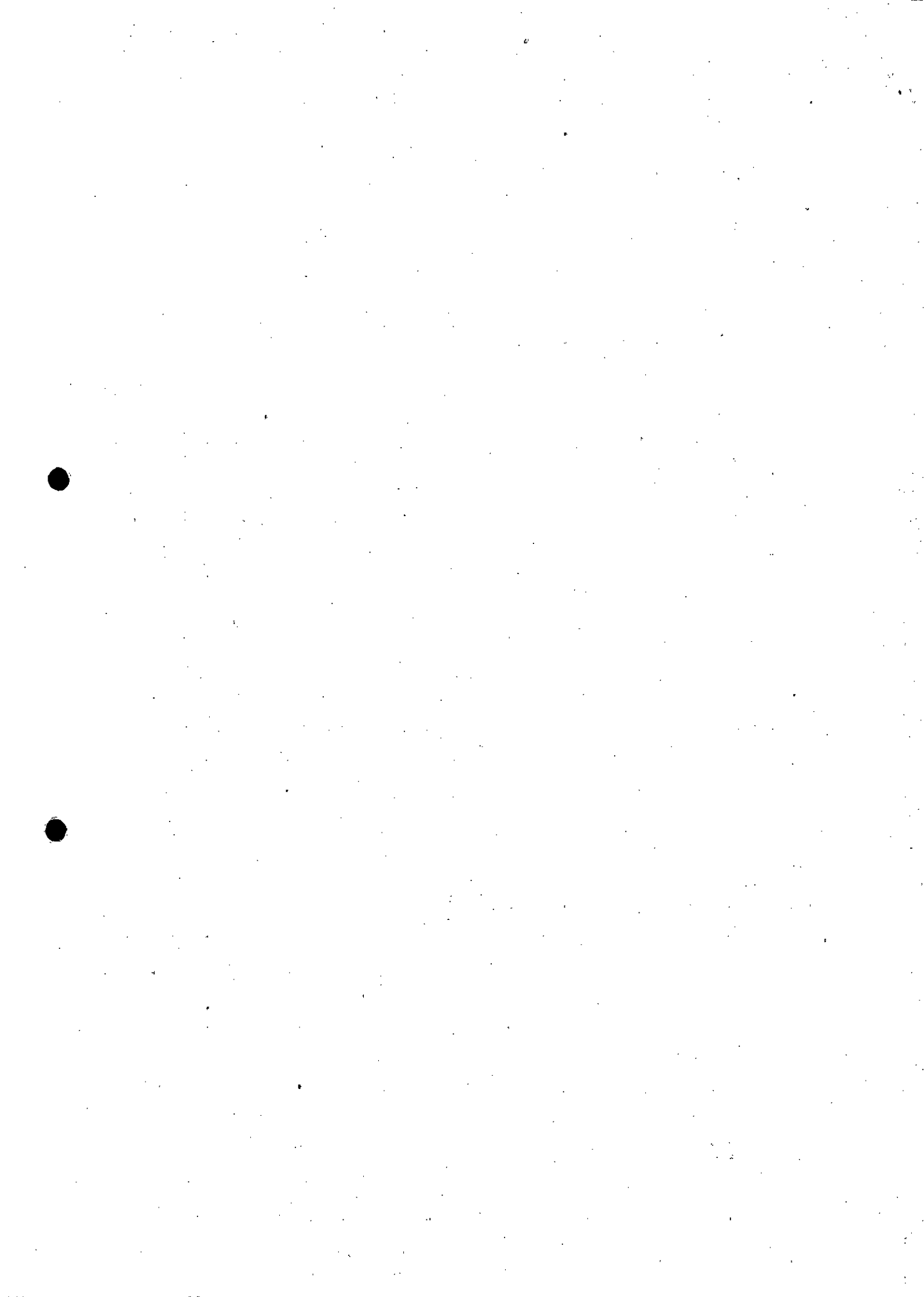


esperava-se uma afluência de 1,05 hm³/ano de sedimento ao reservatório. Este, de acordo com o estudo desenvolvido, teria uma eficiência de retenção média em torno de 50%, portanto uma taxa de retenção de 0,52 hm³ por ano de sedimentos. Assim, entre os anos de 2004 e 2007 o reservatório apresentou uma taxa de assoreamento natural de praticamente quatro vezes a taxa esperada.

Entre o período de 2007 e Mai/2014, 88 meses, a redução do volume do reservatório ocorreu a uma taxa média de 0,68 hm³. Neste intervalo de volume a eficiência de retenção esperada é de, aproximadamente, 47%. Portanto, o sedimento previsto afluente de 1,05 hm³/ano deveria depositar a uma taxa de 0,49 hm³/ano. Assim, a taxa de deposição natural efetivamente observada no reservatório foi 39% superior a prevista.

Considerando Maio/2014 e Novembro/2015, 18 meses, a deposição de sedimentos foi de 9,14 hm³. Ressalta-se, entretanto, que em 05/11/2015 houve o rompimento da Barragem de Fundão, o que ocasionou a chegada de uma onda de cheia e de sedimentos nos dias seguintes à Barragem da UHE Risoleta Neves. Mantendo-se a taxa de deposição e eficiência observada no período anterior, restando 0,68 hm³/ano, conclui-se que 1,02 hm³ seriam provenientes de acumulação de sedimentos natural do reservatório. Portanto, 8,12 hm³ são depósitos provenientes da Barragem de Fundão.

Entre Novembro/2015 e Março/2016, estimou-se um depósito, como já citado, de 3,98 m³. Deste volume, considerando 6 meses de deposição natural, ou seja, 0,34 hm³, o volume de 3,64 hm³ ainda são consequência do sedimento residual da Barragem de Fundão.



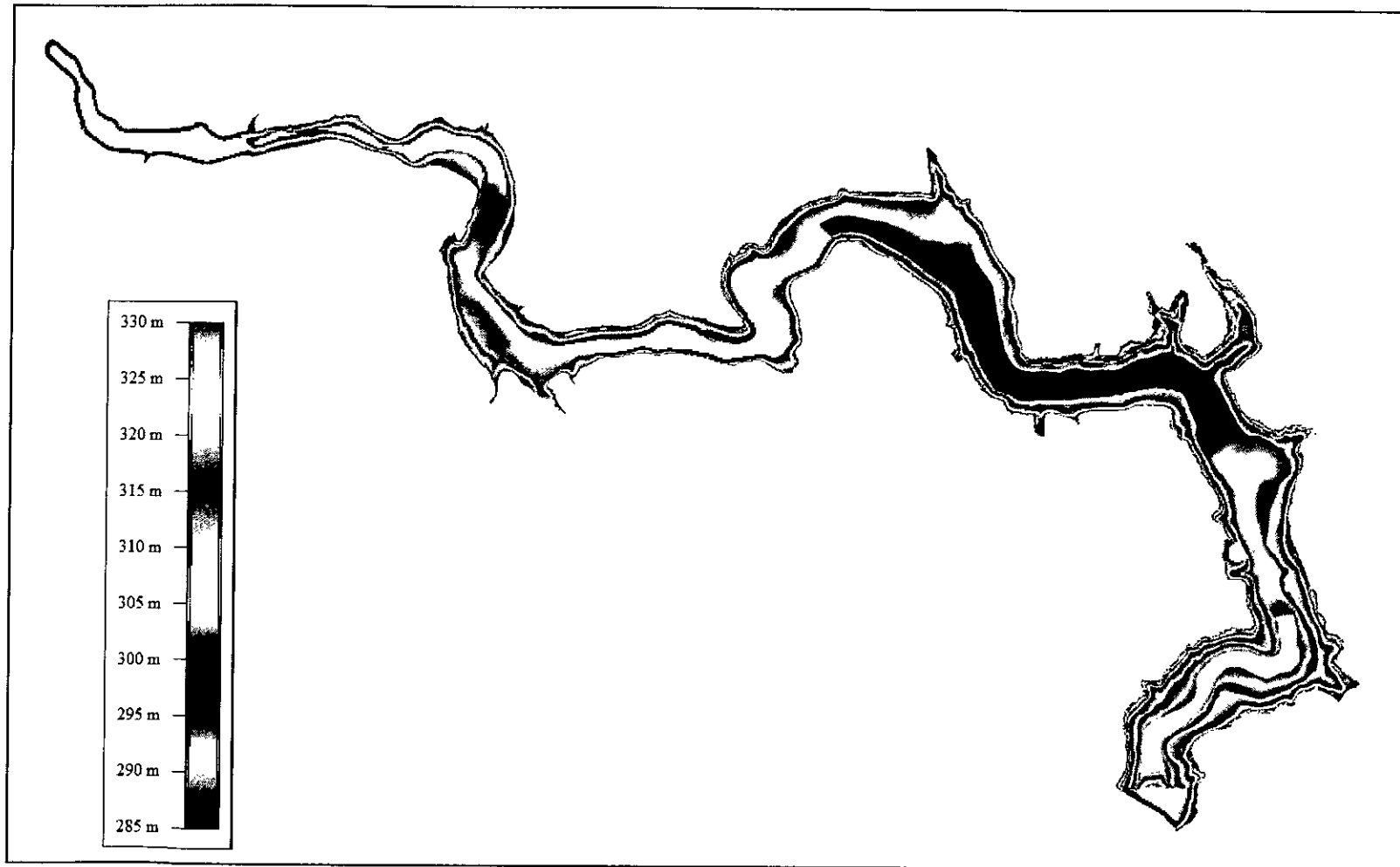


Figura 1. Croqui em planta da calha do reservatório da UHE Risoleta Neves, no Projeto Básico

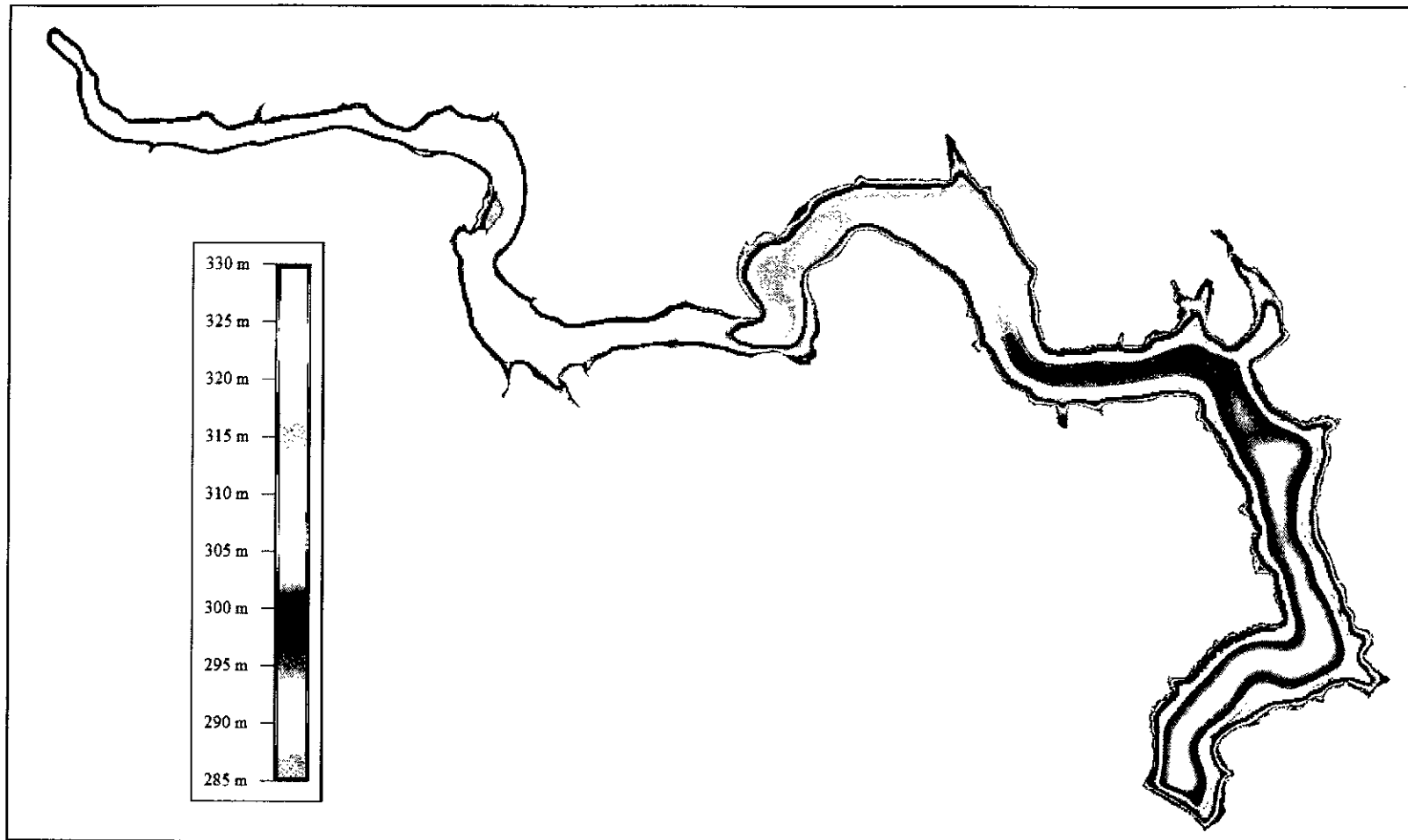
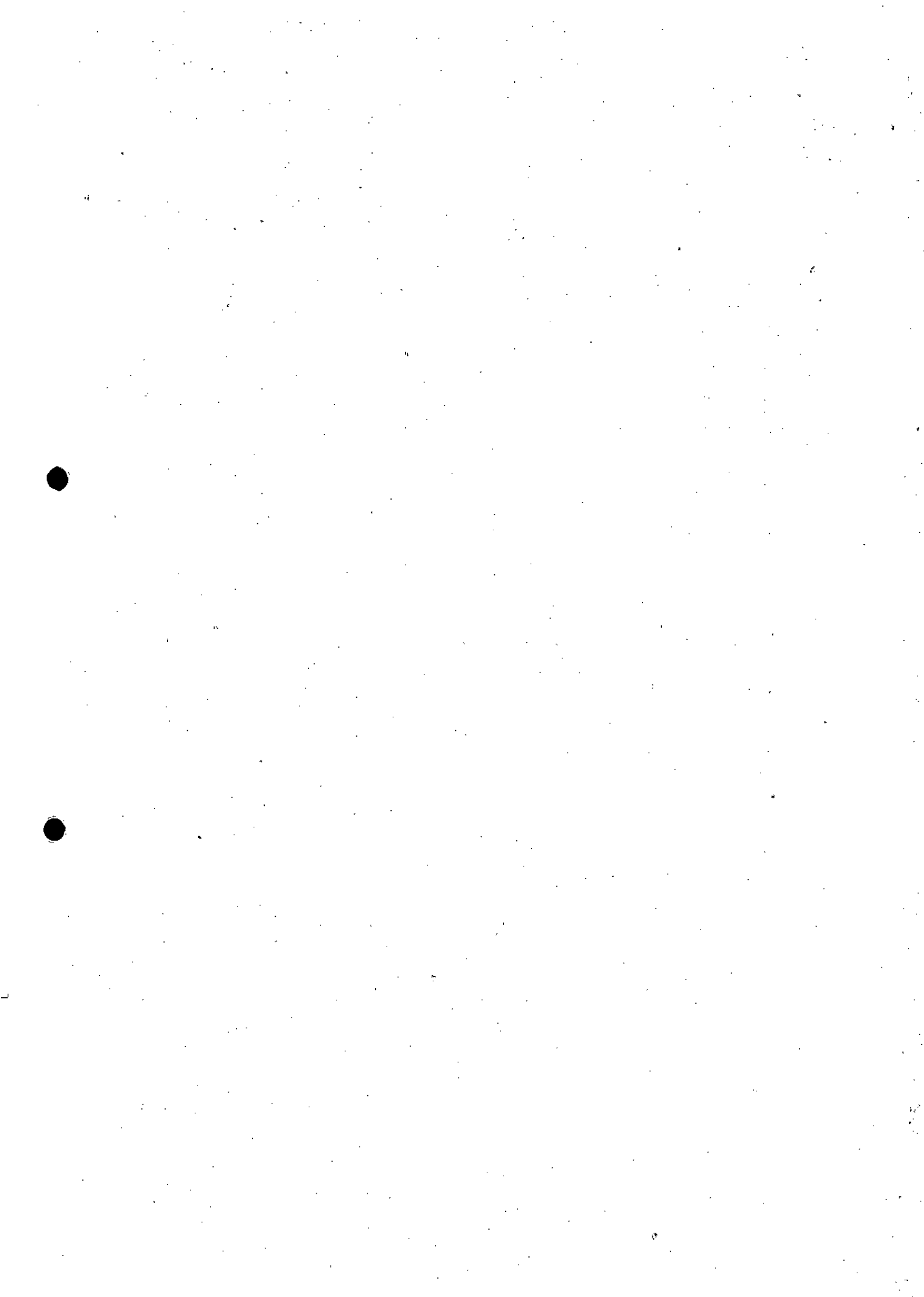


Figura 2. Croqui em planta da calha do reservatório da UHE Risoleta Neves, em Maio/2014



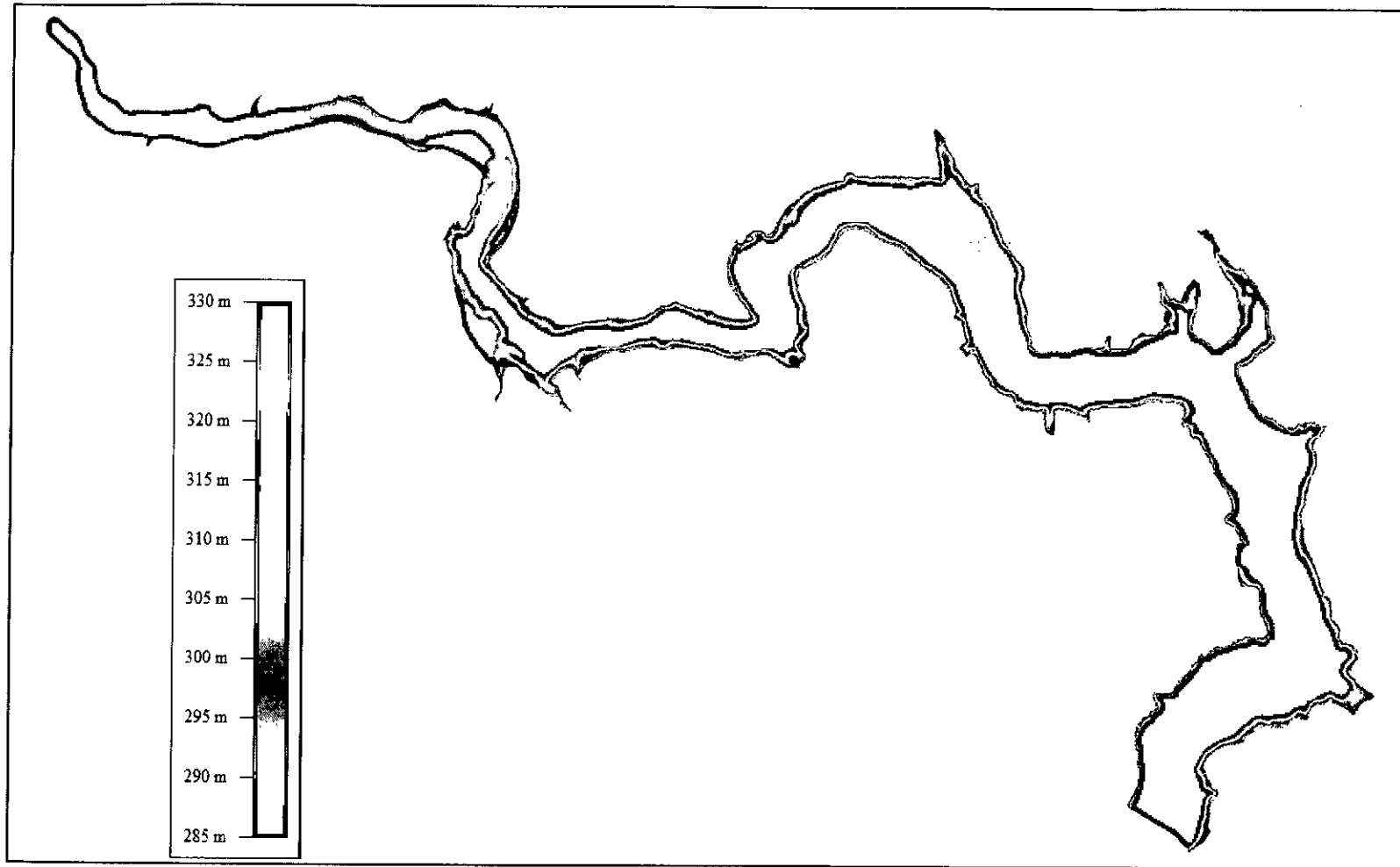


Figura 3. Croqui em planta da calha do reservatório da UHE Risoleta Neves, em Novembro/2015

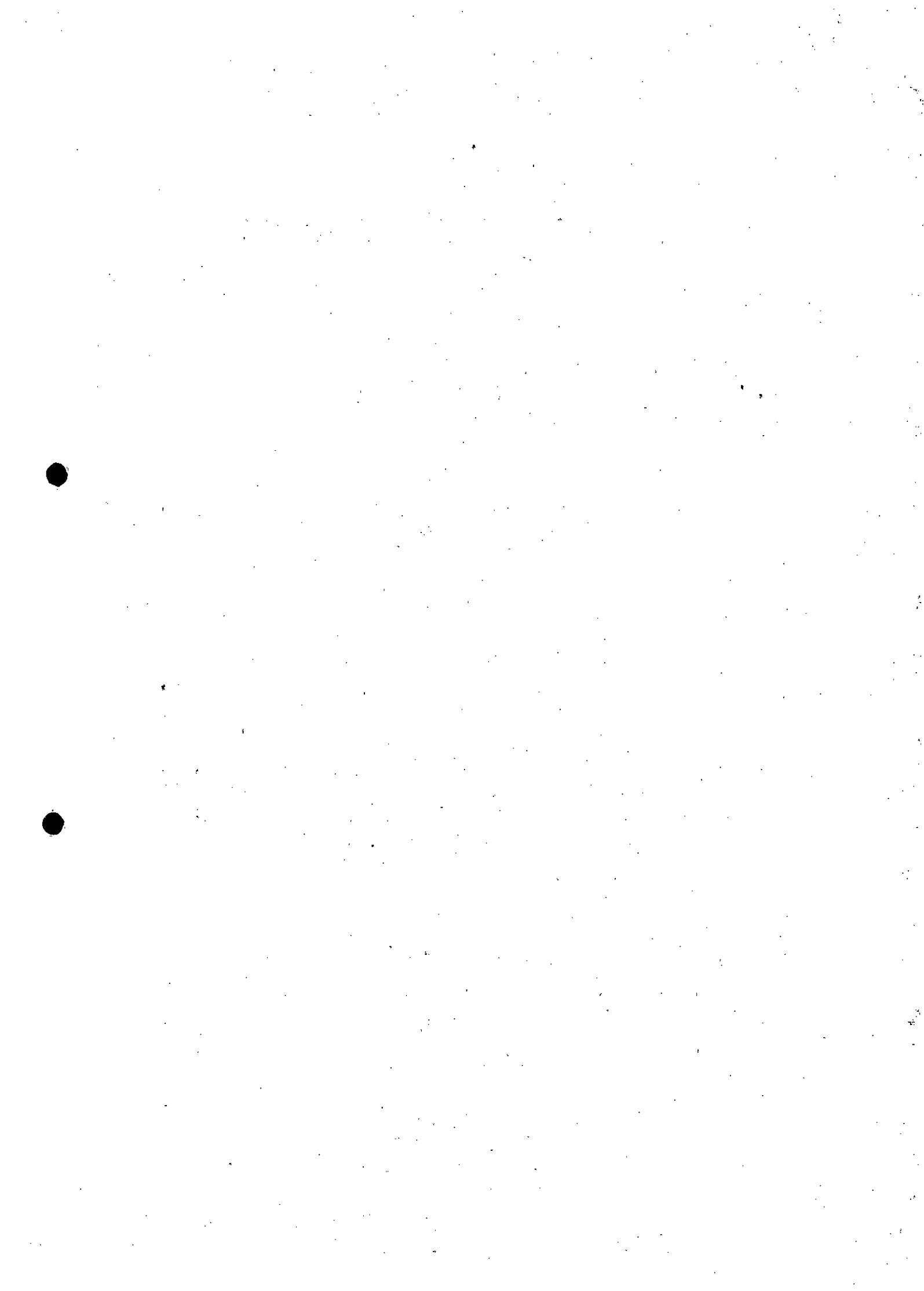




Figura 4. Estimativa em planta da calha do reservatório da UHE Risoleta Neves, em Março/2016

A Figura 4, mostra em perfil a evolução do assoreamento do reservatório. A linha azul pontilhada representa a linha d'água para a condição de Maio/2014, apresentada na figura apenas como referência ao nível do reservatório.

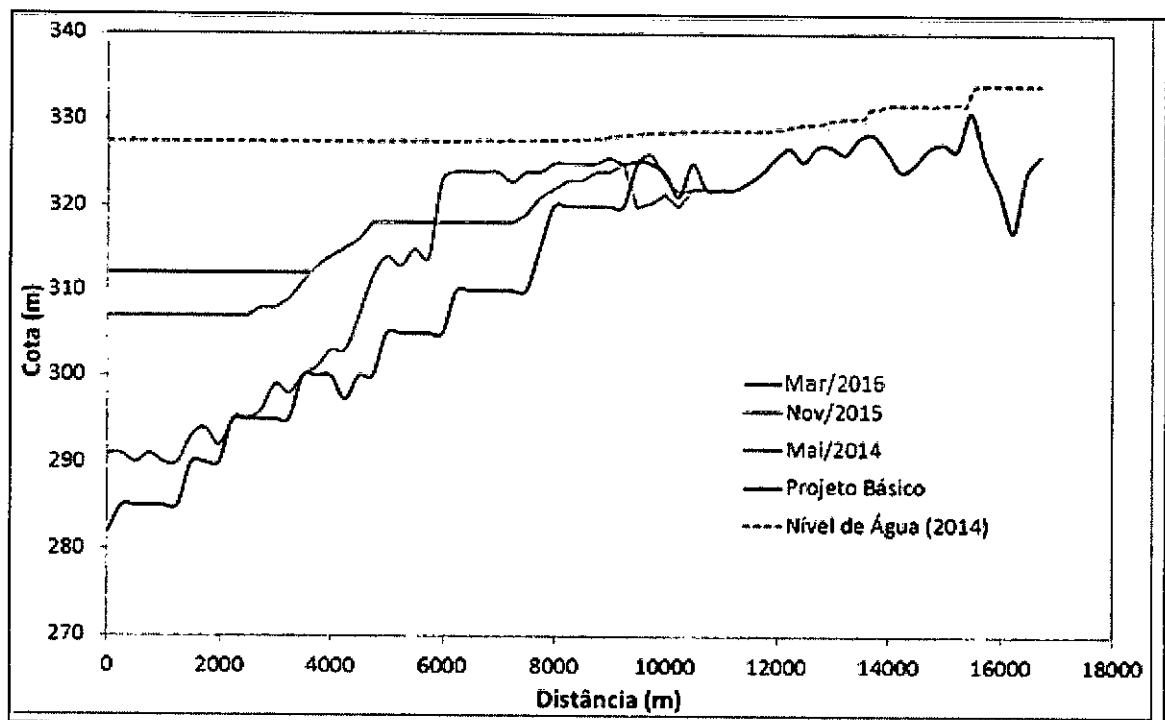
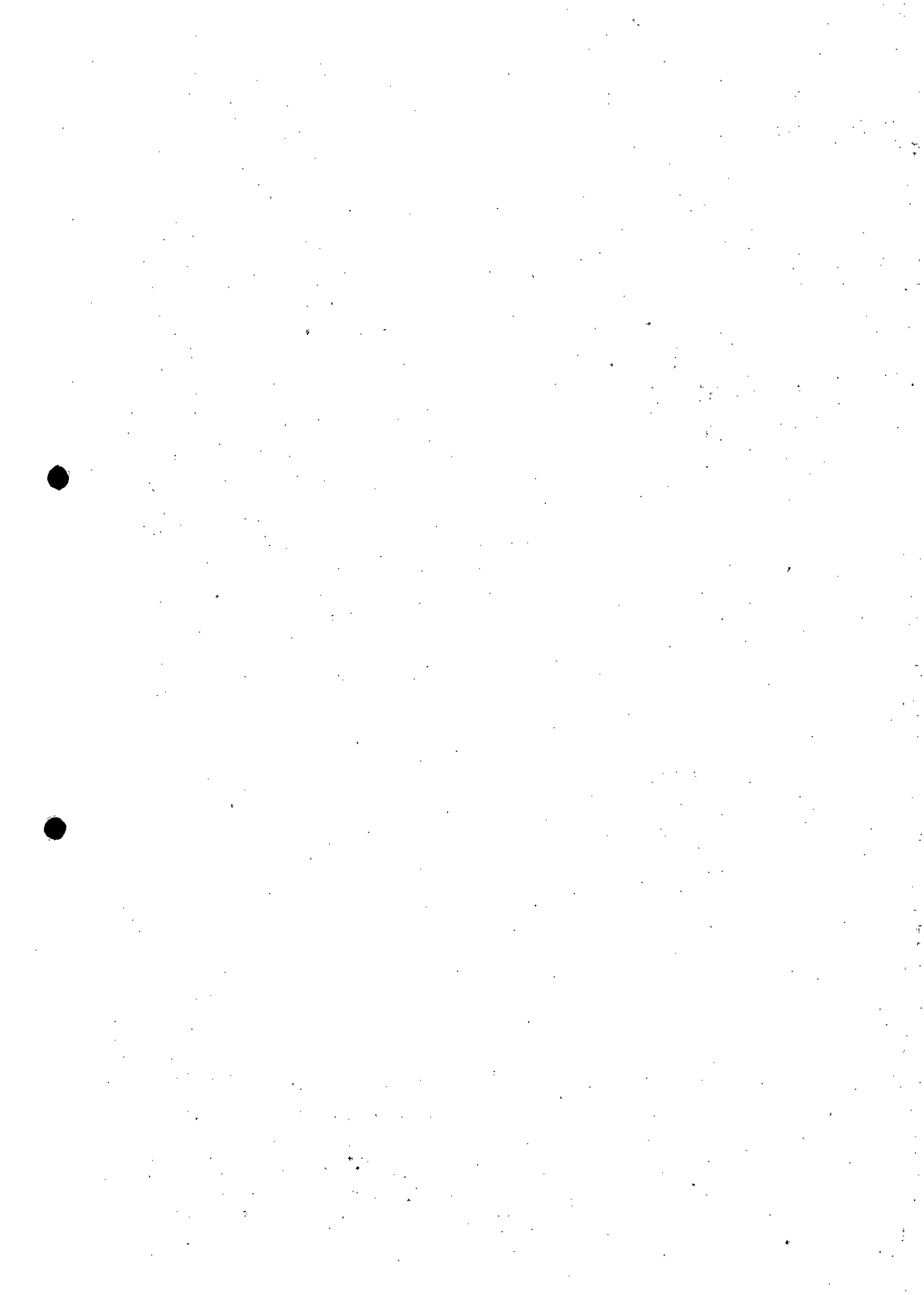


Figura 5. Perfil longitudinal da evolução da calha do rio na região do reservatório da UHE Risoleta Neves

Nota-se, a partir da análise das plantas e perfil anteriores, que a sedimentação ocorria ao longo de todo o reservatório, mas principalmente na região localizada entre 5.000 m e 10.000 m de distância do eixo do barramento, onde há redução da velocidade do escoamento. Em 2004 a região próxima ao barramento possuía fundo na cota 282,00 m, enquanto em 2014 esta região havia assoreado passando a ter a cota 291,00 m. Com o rompimento da Barragem de Fundão, o depósito de sedimento junto ao barramento passou para a cota 307,00 m em novembro de 2015 e 312,00 m em março de 2016.

Observa-se, ainda, remoção de material depositado entre a distância 6.000 m e 9.000 m de 2014 para 2015. Fato este que pode ser devido à passagem de uma cheia de estimada em aproximadamente 1.800 m³/s no dia 06 de novembro de 2015, ocasionada também pelo rompimento da Barragem.



3. AVALIAÇÃO DO REMANSO DO RESERVATÓRIO

Devido à deposição de sedimentos ocasionada em novembro de 2015, foram realizados estudos para avaliar eventuais mudanças no remanso do reservatório da UHE Risoleta Neves. Para tal foi utilizado o software HEC-RAS v5.0 em modo unidimensional, com dados de geometria obtidos a partir das topobatimetrias fornecidas, processadas via ferramenta RAS Mapper, totalmente georreferenciada.

Uma vez que não foram levantadas informações mais atualizadas das margens, e estas não apresentam grande significância para as simulações aqui apresentadas, foram utilizadas as informações do projeto básico para complementação das seções topobatimétricas.

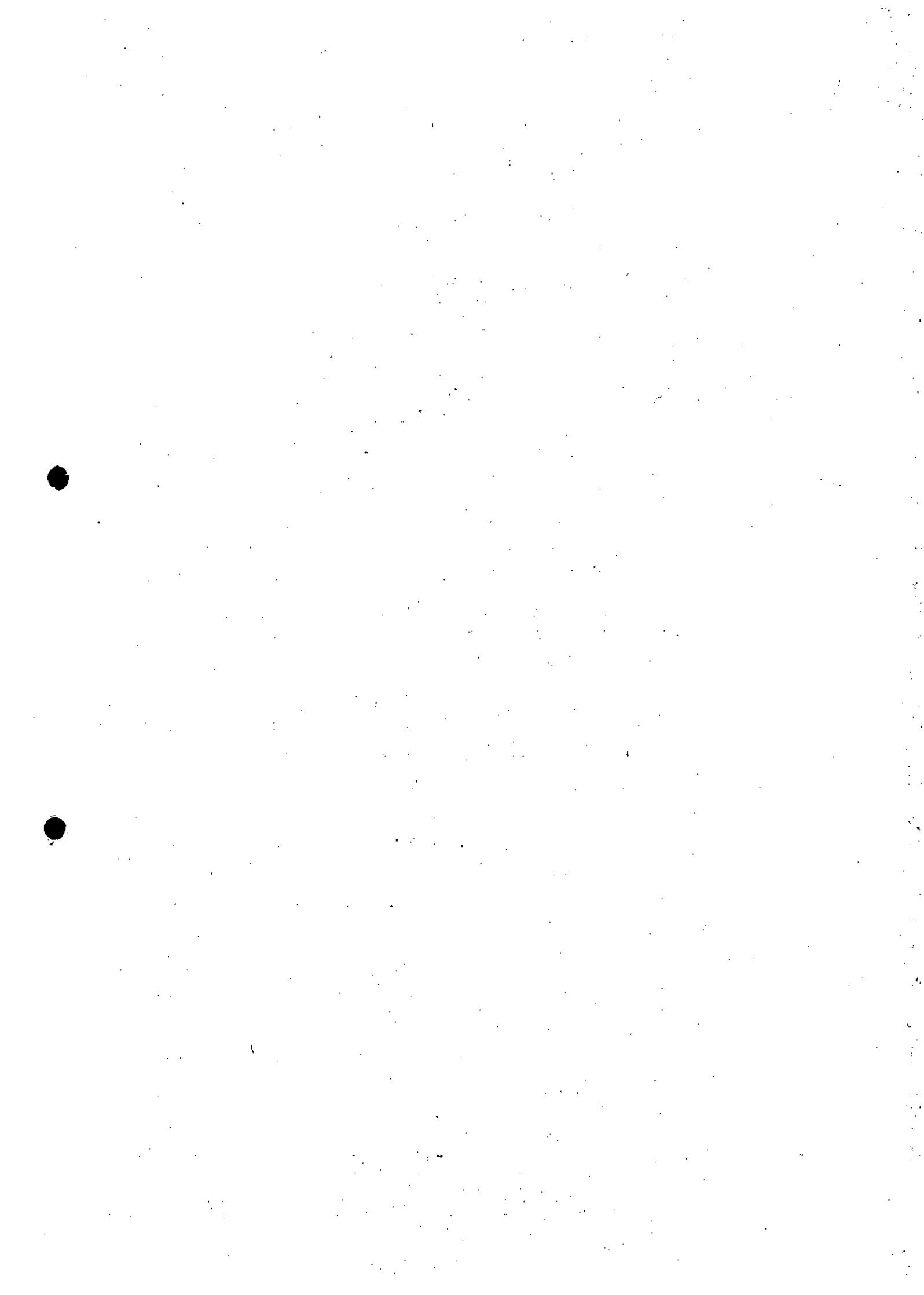
Ressalta-se que não foram utilizados os dados de Março de 2016, pois os estudos geotécnicos realizados indicam a necessidade de dragagem do reservatório até a cota 307,00 m para implantação do barramento, conforme consta no relatório S0867B01-1-G28-MCL-0001.

Para todas as simulações foram obtidas seções espaçadas igualmente entre si de, no máximo, 100 m. Devido ao assoreamento natural ocorrido entre 2004 e 2014, julga-se que o coeficiente de Manning adotado no Projeto Básico, de 0,040 era um valor adequado para o projeto, mas elevado para as atuais condições, uma vez que as deposições tendem a preencher as rugosidades naturais existentes, portanto adotou-se um coeficiente de Manning de 0,030.

Foram utilizadas nas simulações as principais vazões de referência do projeto, conforme apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6. Vazões de referência

QMLT	160
QTurb	300
TR5	1114
TR10	1451
TR25	1897
TR50	2235
TR100	2572
TR500	3355
TR1000	3693
TR10000	4814



Nas figuras e parágrafos a seguir, serão feitas referências à ponte da BR-120, que liga as cidades de Rio Doce e São Sebastião do Soberbo.

A Figura 6 ilustra a condição de escoamento sobre a batimetria de maio de 2014, considerando a condição do reservatório operando normalmente na cota 327,50 m, bem como se não existisse o barramento, para se avaliar onde seria o fim do remanso do reservatório. Foi adotada, como referência, a vazão turbinada de 300 m³/s.

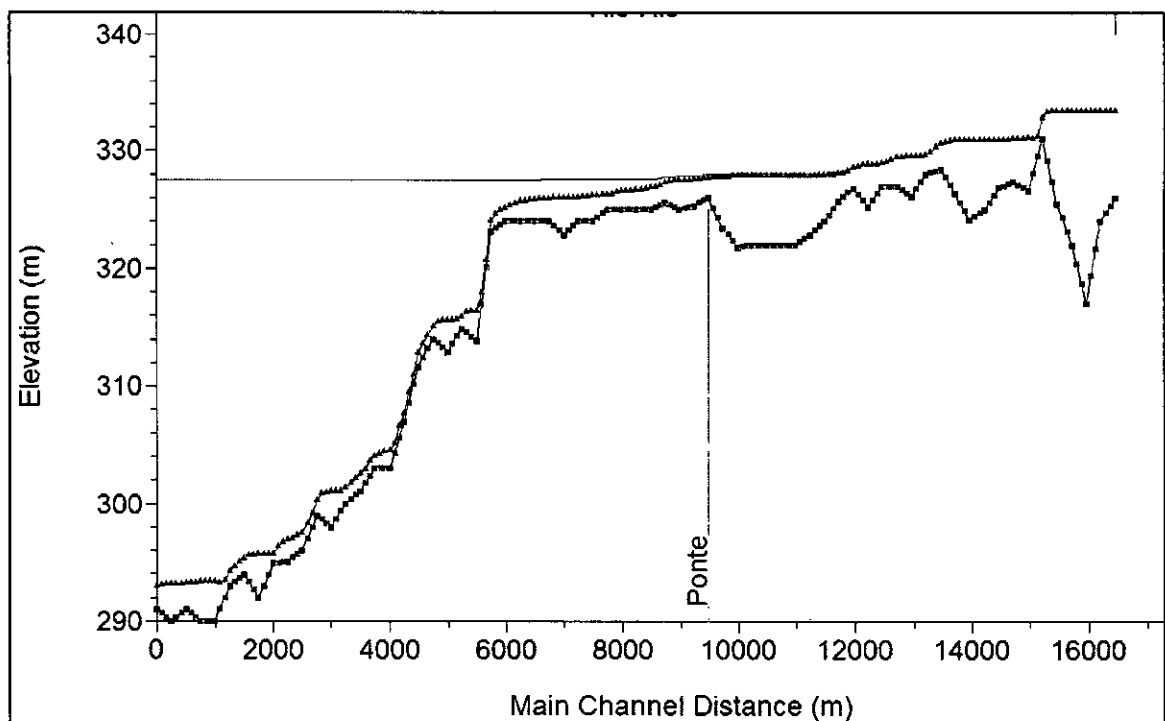
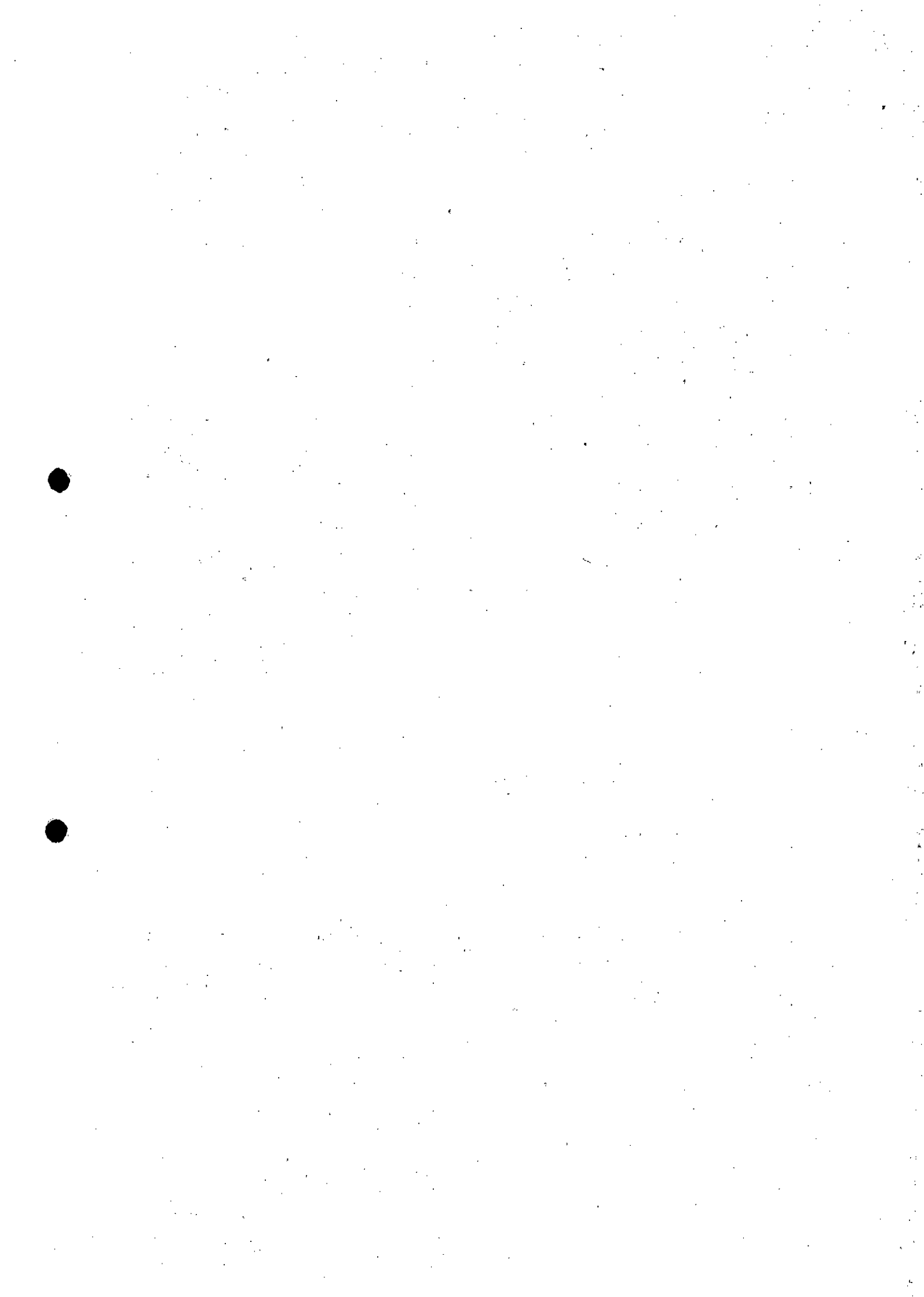


Figura 6. Simulação da passagem da vazão turbinada pelo reservatório nas condições de maio de 2014

A análise da Figura 6 mostra que o remanso do reservatório se estendia até pouco a jusante da ponte. Nestas condições, o reservatório se mantém na cota 327,50 m até aproximadamente 6.100 m a montante do eixo do barramento, onde começa a se elevar gradualmente para a cota 327,85 m a 8.500 m a montante do barramento. O final do remanso se dá quando o reservatório atinge a cota 328,03 m a, aproximadamente, 8.600 m a montante do reservatório, ponto a partir do qual o rio possuía uma cota mais alta que o remanso do reservatório.

A Figura 7 mostra a simulação de remanso nas mesmas condições apresentadas anteriormente, porém com a topobatimetria de novembro de 2015.



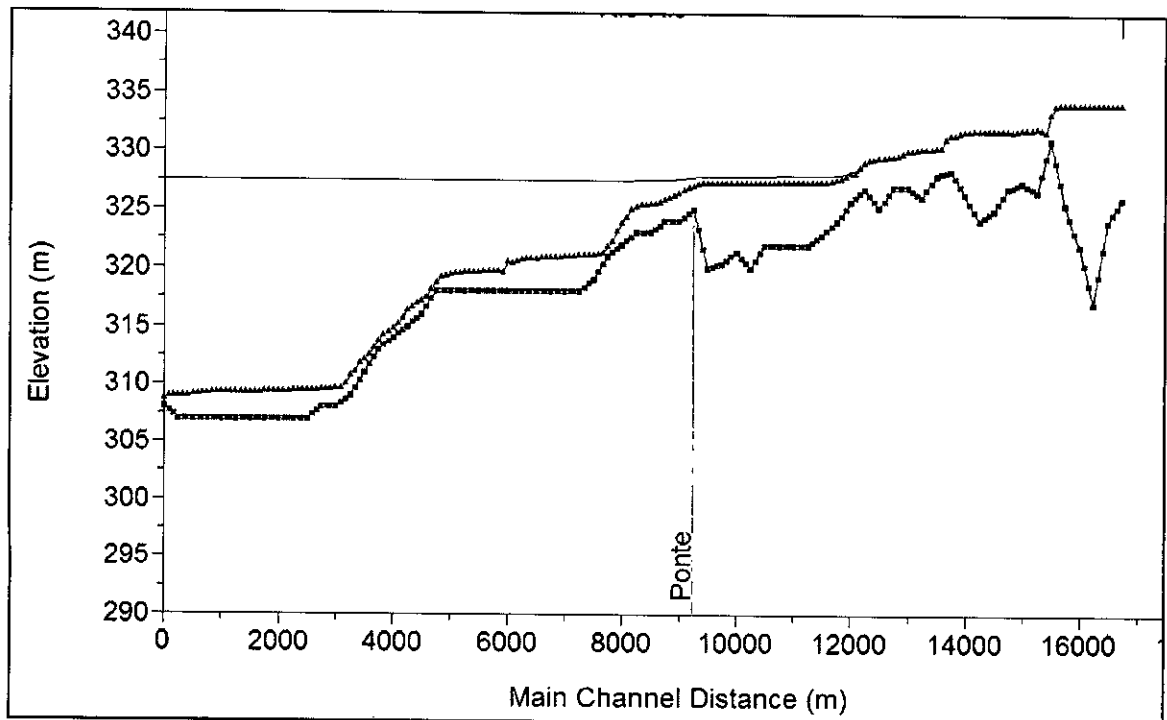
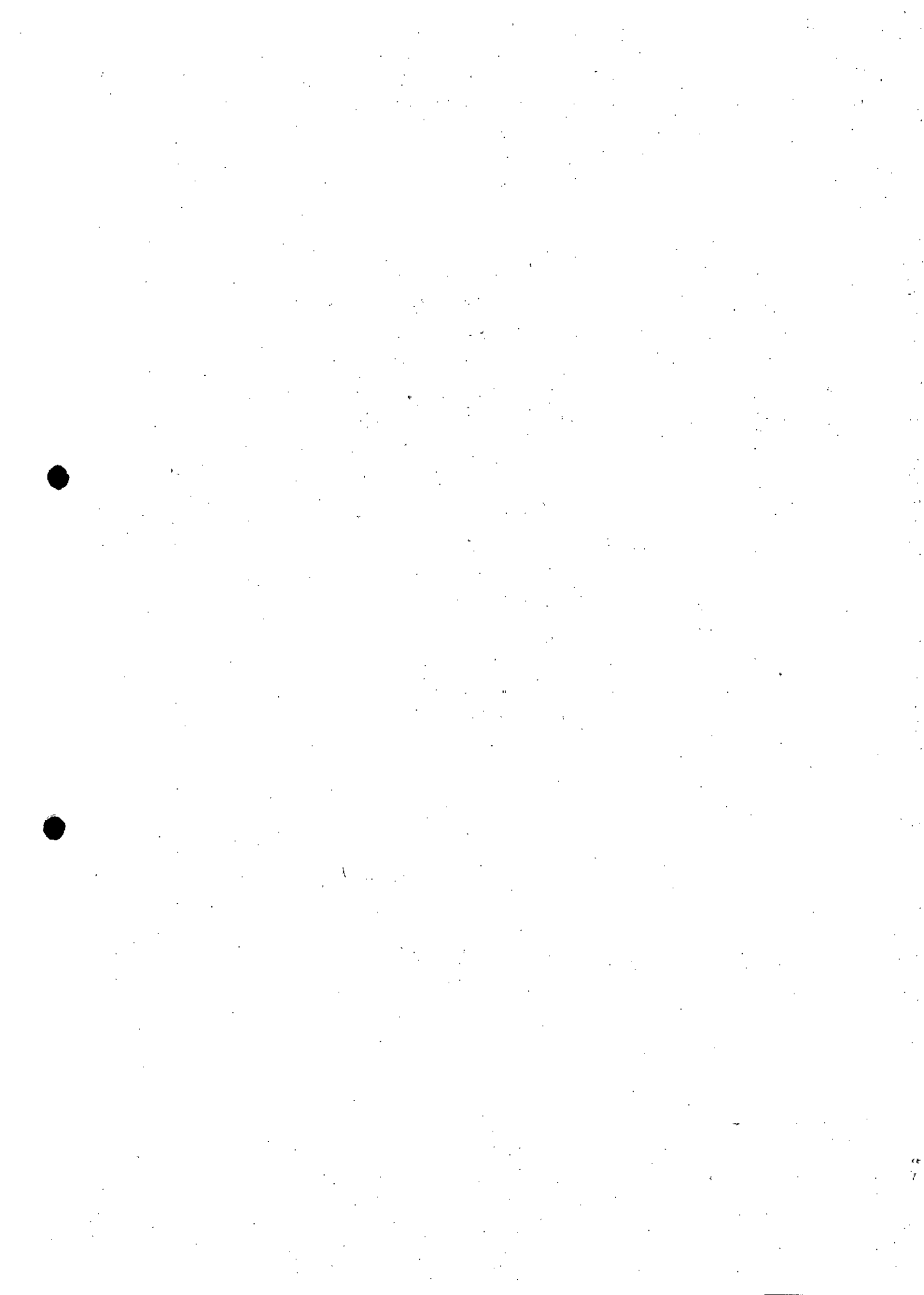


Figura 7. Simulação da passagem da vazão turbinada pelo reservatório nas condições de novembro de 2015

A análise da Figura 7 demonstra que o remanso do reservatório passou a se estender para montante da ponte da BR-120. O nível segue próximo à elevação 327,50 m até aproximadamente 8.000 m de distância do eixo, subindo gradualmente até a cota 327,85 m a 9.300 m do eixo, na aproximação da ponte. Posteriormente sobe gradualmente até a cota 328,00 m, a uma distância de 12.000 m do eixo do barramento, onde termina o rio passa a ter uma cota superior ao remanso do reservatório.

Os resultados apontam que a erosão ocasionada pela passagem da cheia em 2015, na região entre 6.000 m e 9.000 m resultou num rebaixamento do nível natural do rio, aumentou a seção transversal de escoamento, reduzindo a perda de carga e, conseqüentemente, estendendo o reservatório em cota mais baixa até um trecho mais a montante do que na situação de 2014. Portanto, não há implicações do rompimento da Barragem de Fundão, e decorrente depósito de sedimentos no reservatório da UHE Risoleta Neves, com relação a maiores possibilidades de inundação das margens no trecho final do remanso do reservatório.

Para vazões maiores, como o rio passa a ter um nível natural maior, o remanso passa a se deslocar mais para dentro do reservatório, portanto, as análises de vazões de cheia não trazem informações relevantes além dos estudos previstos no projeto básico.



A Figura 8 apresenta a sobreposição dos perfis apresentados anteriormente, na qual fica evidenciada a redução do nível do reservatório no trecho final do remanso.

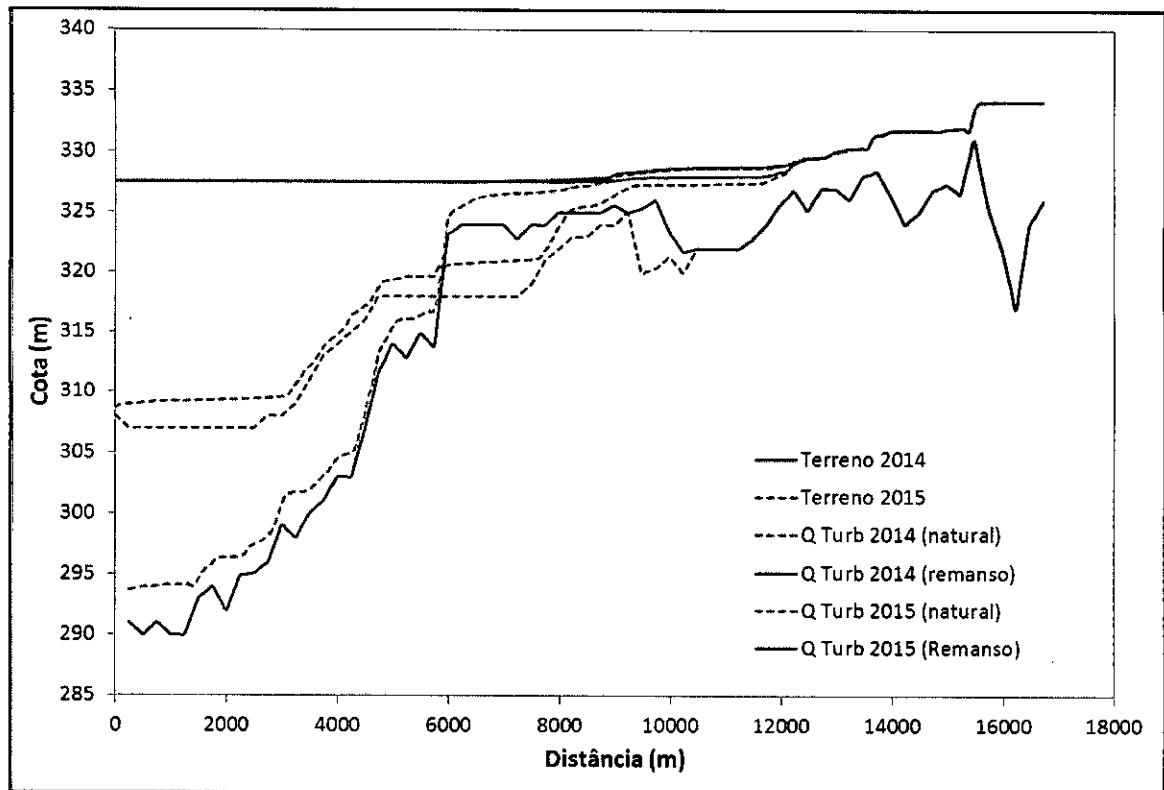


Figura 8. Simulação da passagem da vazão turbinada pelo reservatório nas condições de maio de 2014 e novembro de 2015

4. ALTERNATIVA PARA REMOÇÃO DOS SEDIMENTOS E PROLONGAMENTO DA VIDA ÚTIL

A alternativa selecionada para remoção dos sedimentos e prolongamento da vida útil do reservatório, em conjunto com as empresas contratantes, é composta por dois barramentos transversais, sendo um localizado a 400 m do barramento da UHE Risoleta Neves, denominado Dique A, e outro localizado em região intermediária do reservatório, denominado Dique B. O local destes barramentos foi determinado de forma a maximizar o volume do armazenamento mantido a montante do mesmo, sem possuir grande altura, e de forma a não causar alterações no remanso ou operação do reservatório, para que este sirva como retenção dos sedimentos residuais mais pesados provenientes do rompimento da Barragem de Fundão. O local selecionado possui pequena lâmina de água, facilitando eventuais dragagens futuras do material retido.

Em análises de escritório, optou-se por manter este barramento no final, sentido montante-jusante, do platô gerado pelo assoreamento na cota 318,00 m, ou seja, a uma distância de aproximadamente 5.200 m a montante do barramento da UHE. Foram feitas avaliações com relação a cota de coroamento de ambos barramentos, sendo possível atingir a cota 323,50 m nos dois, sem alterar as condições de remanso.

A Figura 9 mostra o perfil transversal com ambos os barramentos lançados e a passagem da vazão turbinada.

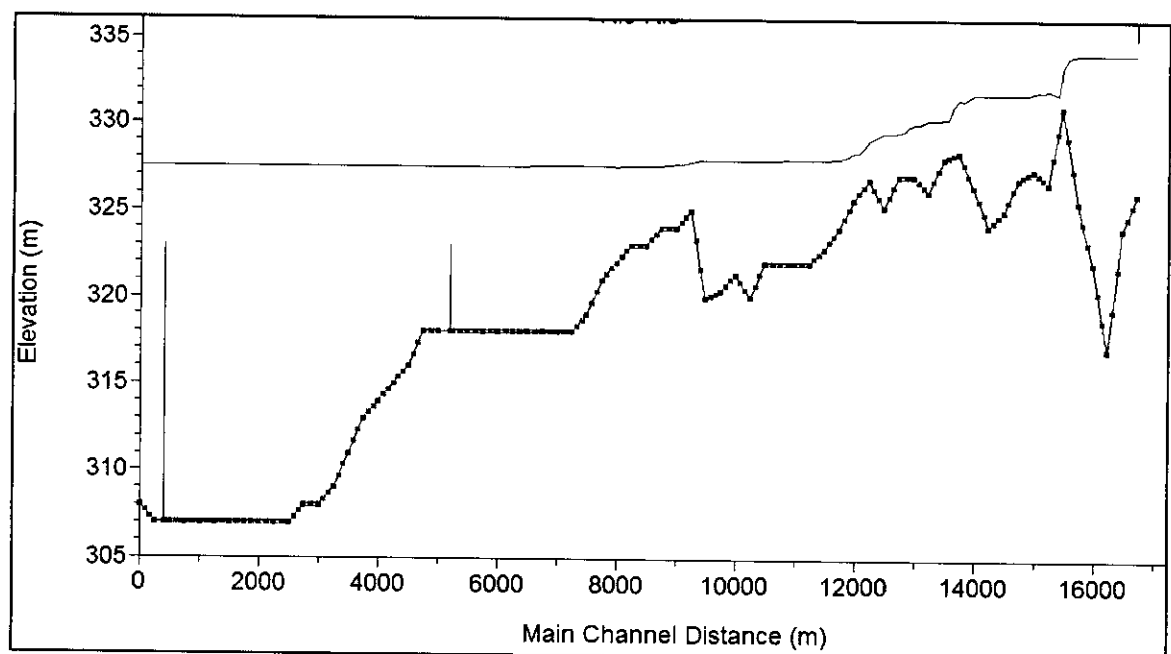
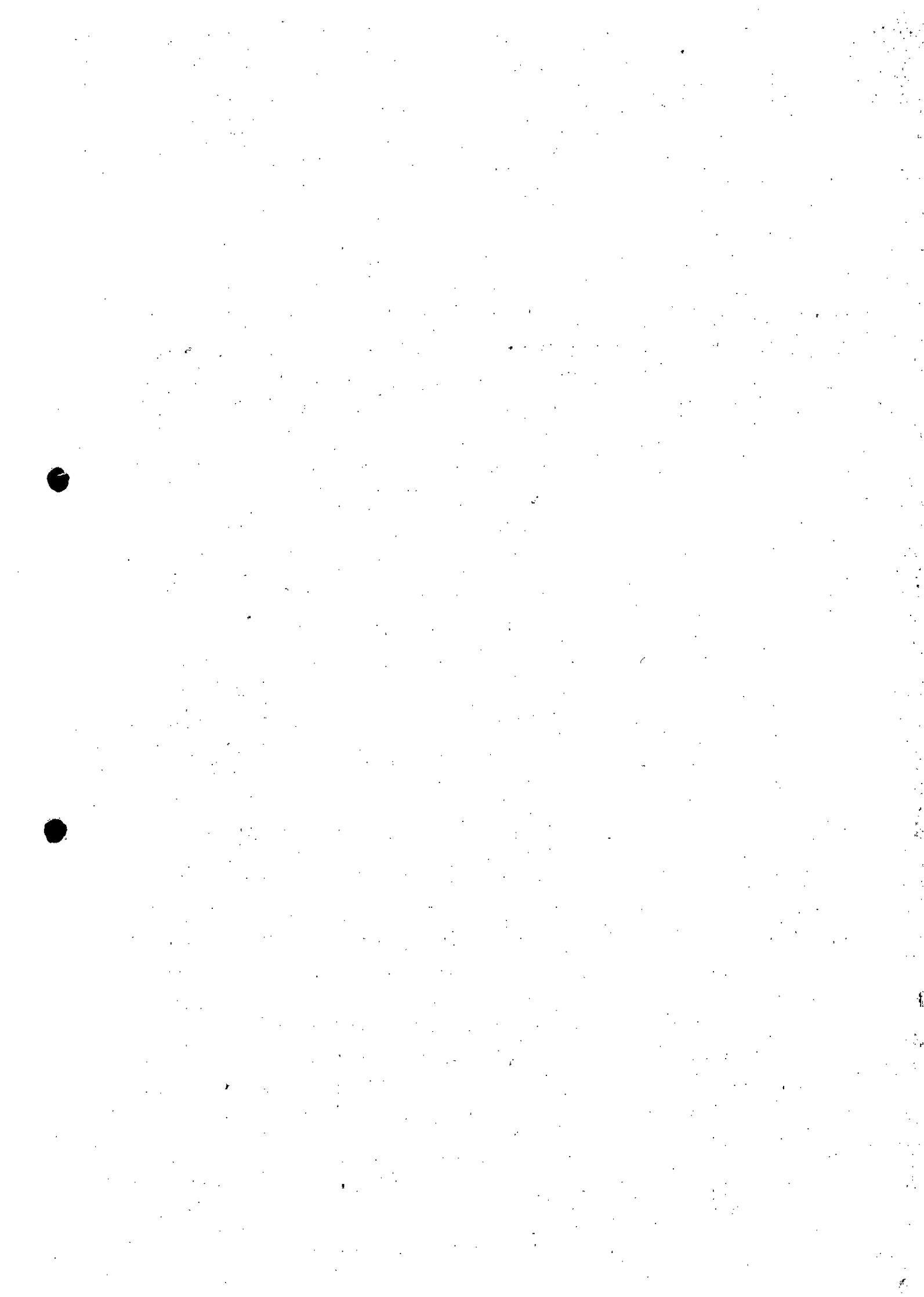


Figura 9. Perfil longitudinal com os dois barramentos determinados na alternativa selecionada

Devido a aspectos construtivos e atual nível do reservatório da UHE, na cota 312,00 m, optou-se por manter o coroamento do Dique A na cota 313,00 m. Para o Dique B, o coroamento será mantido na cota 321,00 m, devido à velocidade de escoamento sobre este barramento, que se mantém inferior a 1 m/s até para a passagem de uma cheia com tempo de recorrência de 10 anos. Nesta condição há capacidade de retenção de 1 hm³ de possíveis sedimentos residuais.



Quadro 7. Velocidade sobre o Dique B em função da cota da crista

Vazão (m³/s)		Cota da crista (m)				
		319,00	320,00	321,00	322,00	323,00
QMLT	160	0,07	0,08	0,09	0,11	0,13
QTURB	300	0,14	0,15	0,17	0,20	0,25
TR 5	1114	0,50	0,56	0,64	0,75	0,91
TR 10	1451	0,65	0,73	0,83	0,97	1,18
TR 25	1897	0,85	0,95	1,08	1,26	1,52
TR 50	2235	0,99	1,11	1,27	1,48	1,78
TR 100	2572	1,14	1,27	1,45	1,68	2,02
TR 500	3355	1,46	1,63	1,85	2,14	2,55
TR 1000	3693	1,60	1,78	2,02	2,33	2,76
TR 10000	4814	2,02	2,24	2,53	2,90	3,38

O volume do reservatório, portanto, foi subdividido em três, conforme croqui apresentado na Figura 10.

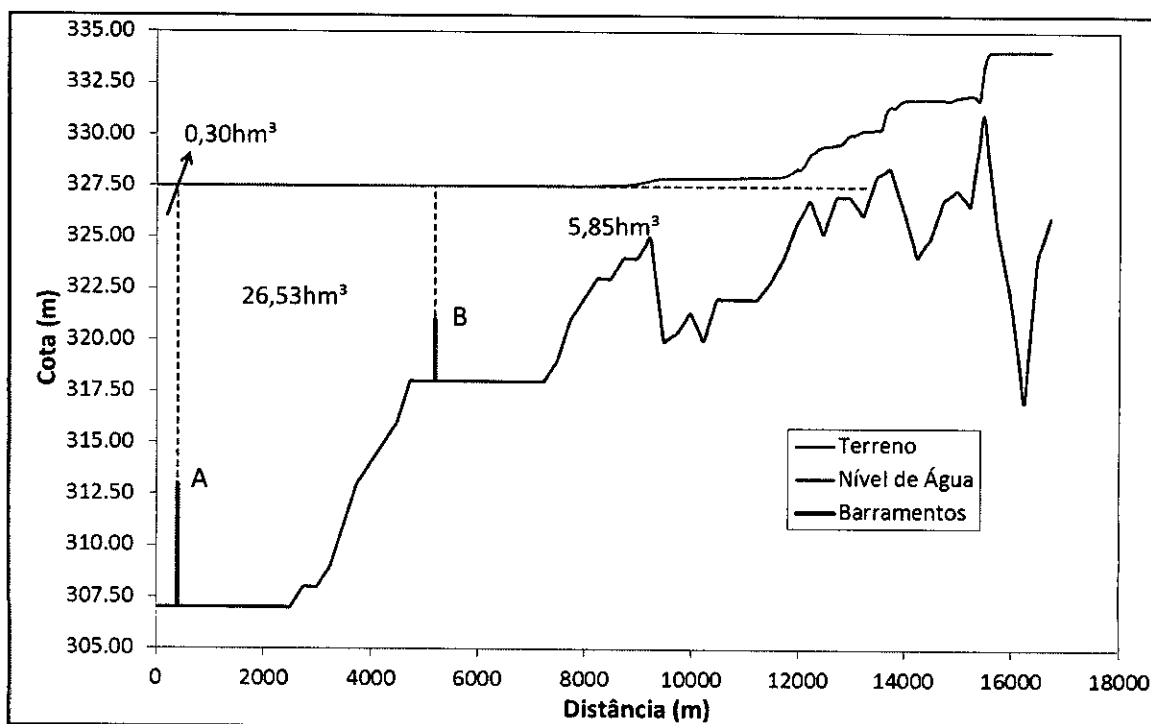
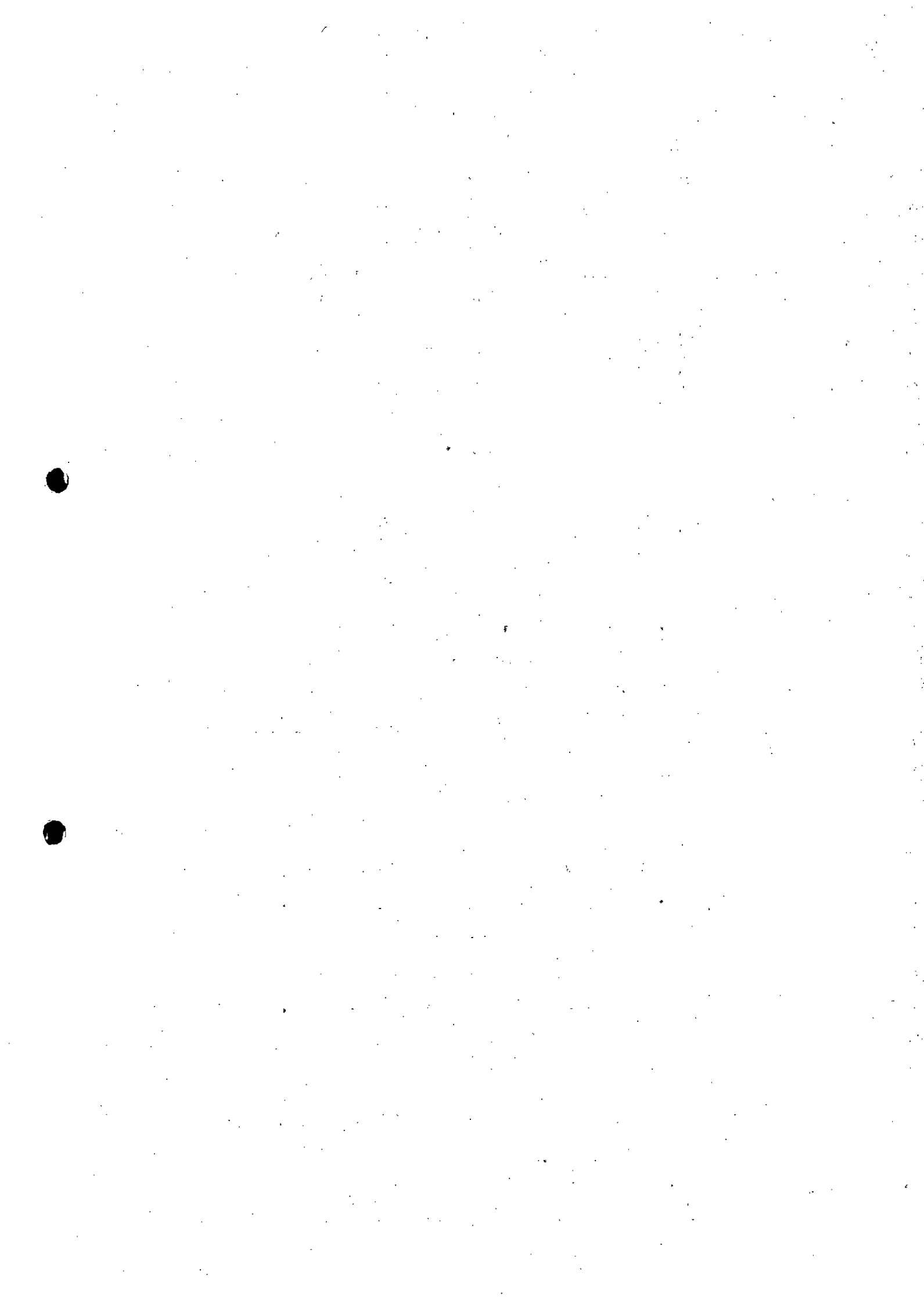


Figura 10. Volumes do reservatório



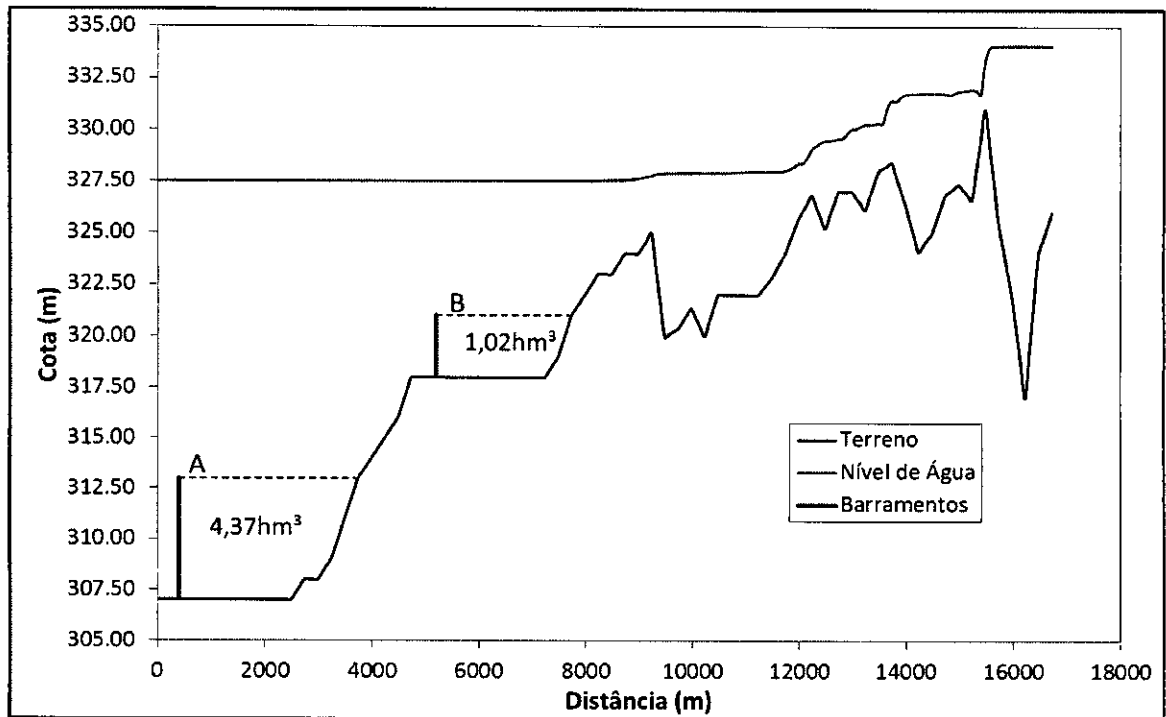
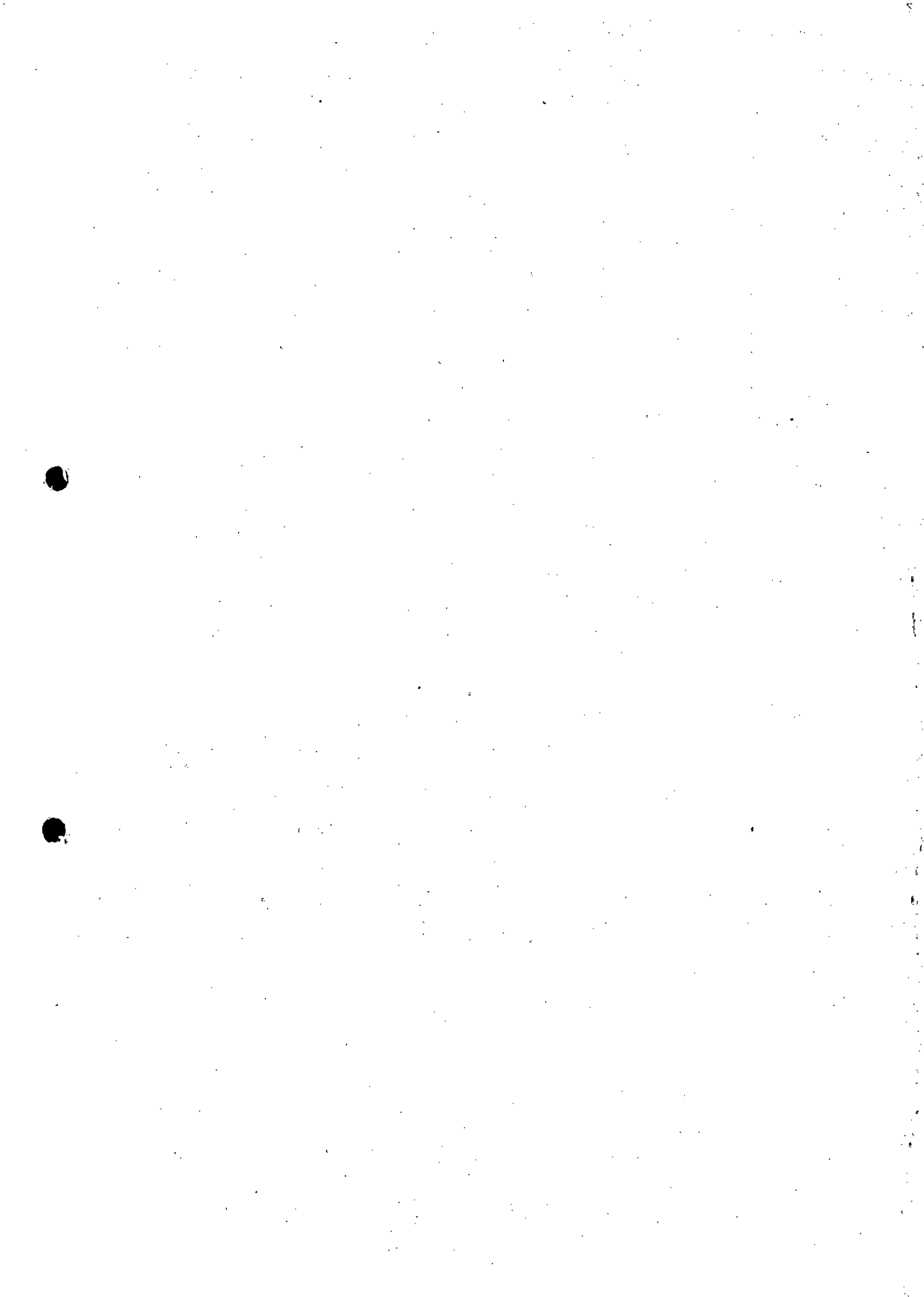


Figura 11. Volumes de retenção dos Diques A e B

5. DETERMINAÇÃO DA COTA DE DRAGAGEM E AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DESCARGA DO VERTEDOURO

A dragagem entre o Dique A e o barramento da UHE Risoleta Neves foi prevista visando restaurar as condições hidráulicas observadas em 2014.

O Vertedouro tem seu coeficiente de descarga dado, principalmente, em função da geometria de sua ogiva e da razão entre a altura de concreto da crista da ogiva ao fundo do reservatório com a altura da lâmina líquida livre sobre a ogiva, conforme apresentado na Figura 12. Ressalta-se que a figura possui coeficiente de descarga para ser usado em sistema imperial, para sistema internacional deve-se multiplicar por 0,55.



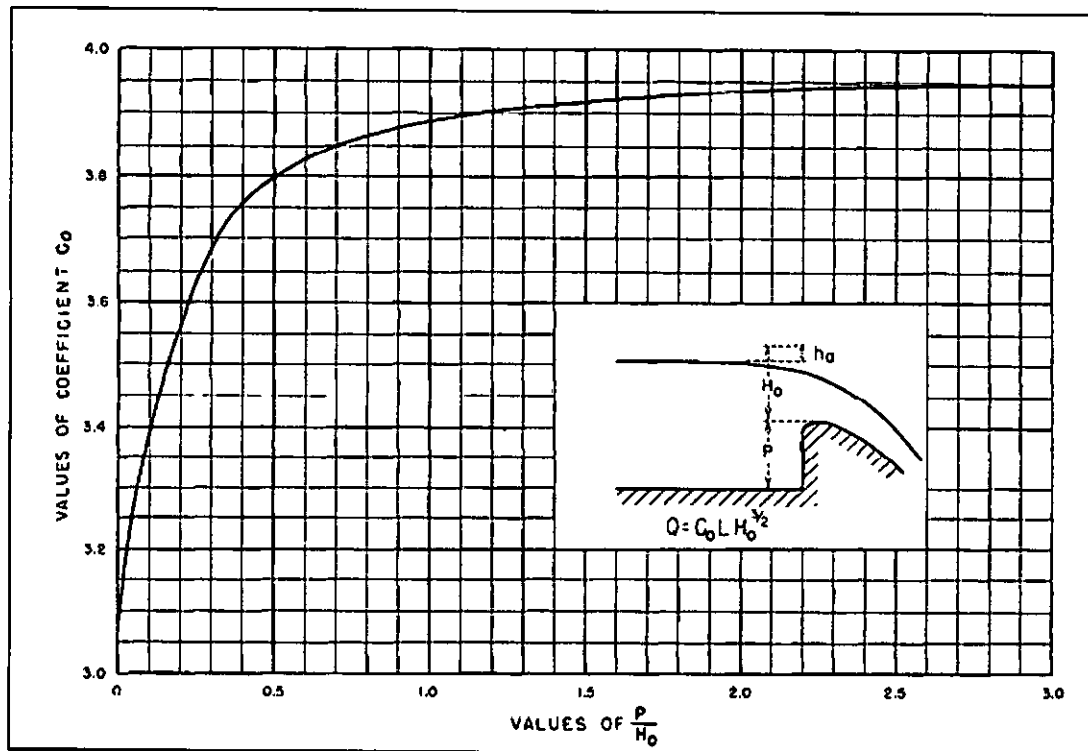
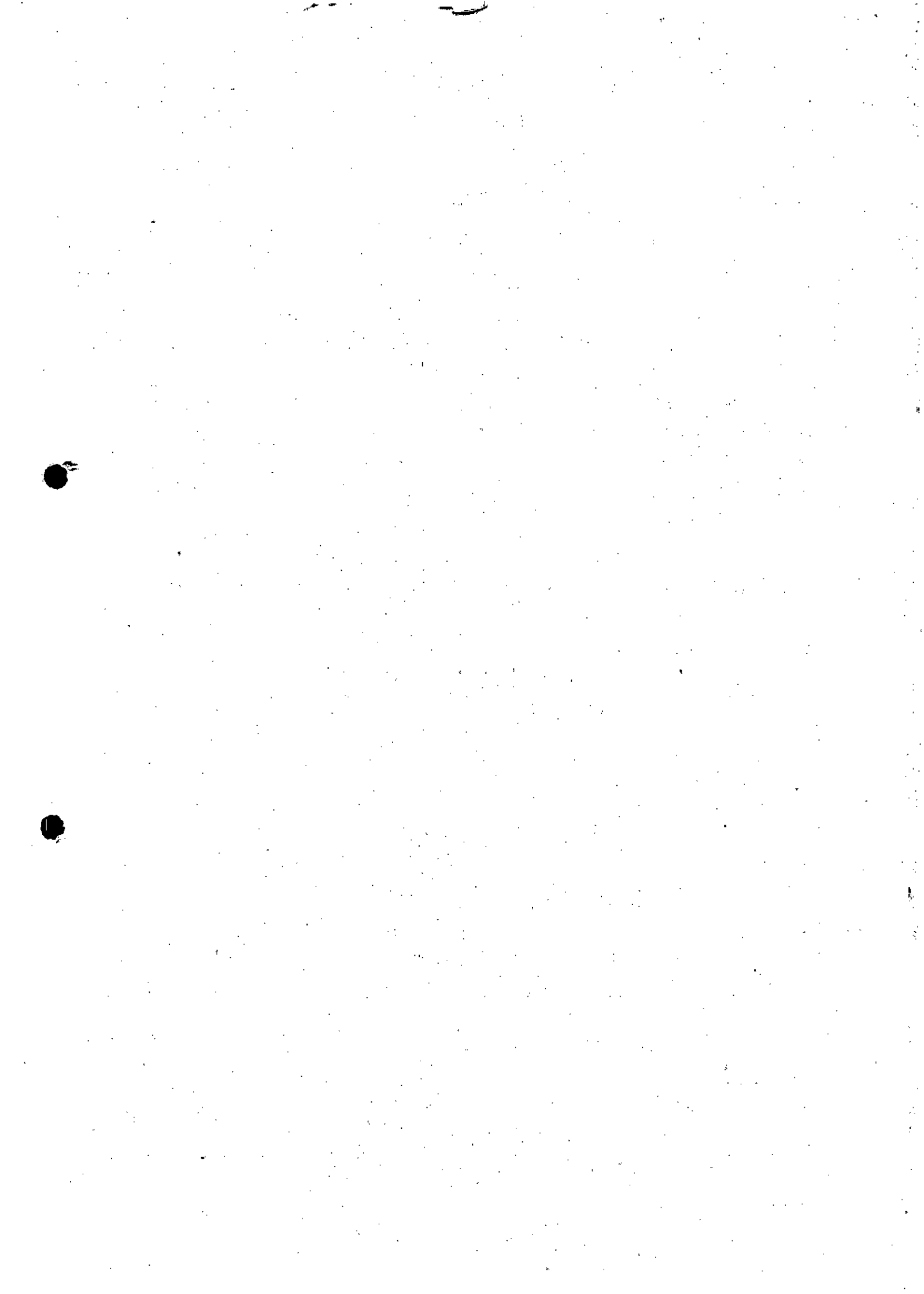


Figura 12. Coeficiente de descarga do vertedouro (*Design of Small Dams*, 3ªed. 1987)

Com a retenção de sedimentos ocorrida no final de 2015, houve redução da altura da parte de concreto do vertedouro, simbolizado pela letra P na figura anterior. Esta alteração reduz o coeficiente de descarga e, conseqüentemente, a capacidade de vazão do Vertedouro.

Inicialmente, no projeto básico, o coeficiente de descarga previsto era de 2,20, sendo este utilizado como referência. Nas atuais condições, considerando o nível de água na cota 327,50 m e o fundo na cota 307,00 m, temos um coeficiente de descarga de 2,03, uma vez que a crista da ogiva do vertedouro está na cota 311,00 m. Assim, temos uma redução de 7,7% na capacidade de descarga do Vertedouro.

Foram feitas avaliações de cotas de escavação e recuperação do coeficiente de descarga, conforme apresentado no Quadro 8.



Quadro 8. Redução da capacidade de descarga do vertedouro

Cota do fundo (m)	P (m)	P/H	Cd	Perda de capacidade
307	4	0,24	2,03	-7,54%
305	6	0,36	2,10	-4,69%
303	8	0,48	2,13	-3,35%
301	10	0,61	2,15	-2,34%
299	12	0,73	2,16	-1,76%
297	14	0,85	2,17	-1,32%
295	16	0,97	2,18	-1,00%
293	18	1,09	2,18	-0,73%
291	20	1,21	2,19	-0,53%
290	21	1,27	2,19	-0,44%
289	22	1,33	2,19	-0,34%
288	23	1,39	2,19	-0,25%
287	24	1,45	2,20	-0,15%
286	25	1,52	2,20	-0,09%
285	26	1,58	2,20	-0,05%
284	27	1,64	2,20	0,00%

Assim definiu-se, em conjunto com as contratantes, a cota 297,00 m como ideal para dragagem na região a montante do barramento, de forma a restaurar a capacidade de descarga do Vertedouro e por questões executivas da dragagem. Esta cota é suficiente, também, para não causar o arraste de material para a Tomada d'Água e, conseqüentemente, tubulações de resfriamento do gerador e turbinas.

O detalhamento da curva cota x volume de escavação está apresentado no desenho S0867B01-1-G14-DEX-0001.

6. SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA

O detalhamento e a seqüência construtiva da alternativa selecionada estão apresentados nas Memórias de Cálculo S0867B01-1-G28-MCL-0001 e S0867B01-1-G10-MCL-0002 e nos Desenhos S0867B01-1-G11-DEX-0001 a 0012, S0867B01-1-D11-DEX-0001 e S0867B01-1-G14-DEX-0001.

