

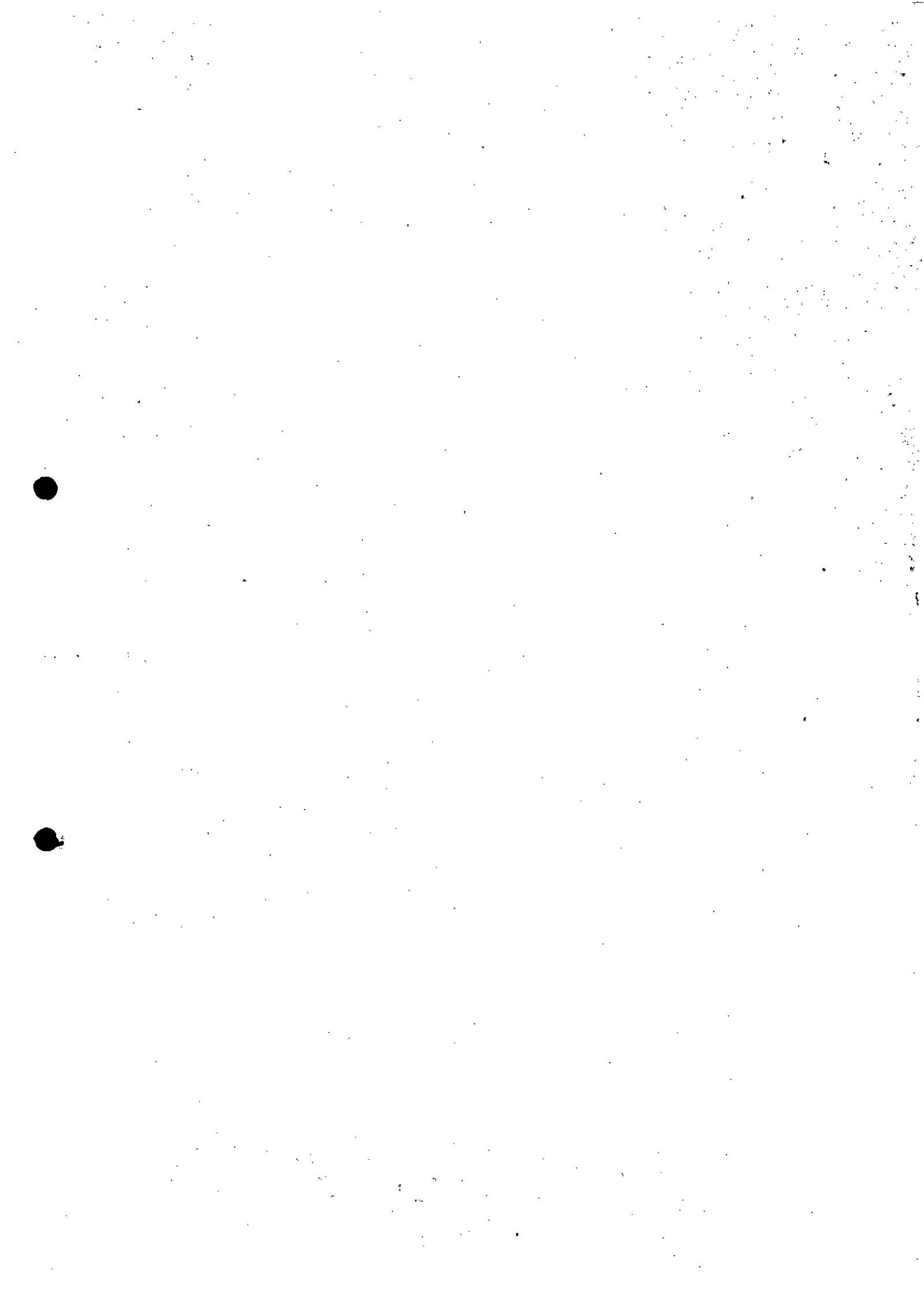


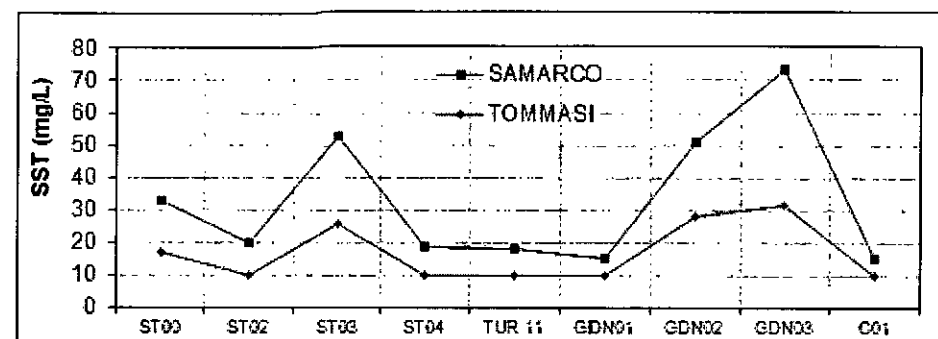
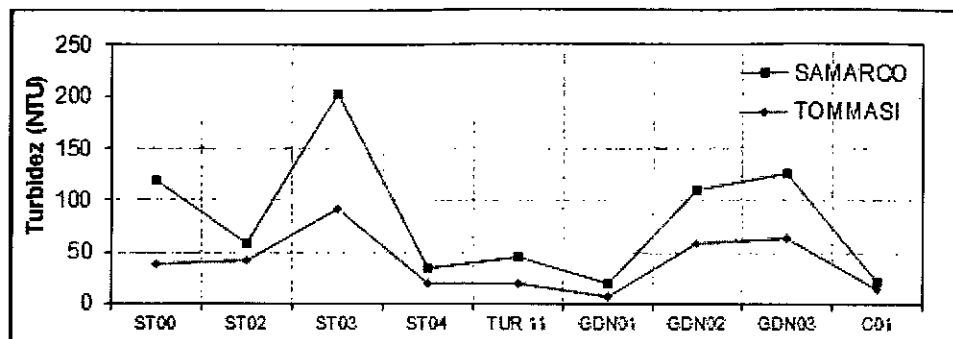
MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS
Unidade Setorial do Gabinete da Presidência - DF

TERMO DE ABERTURA DE VOLUME

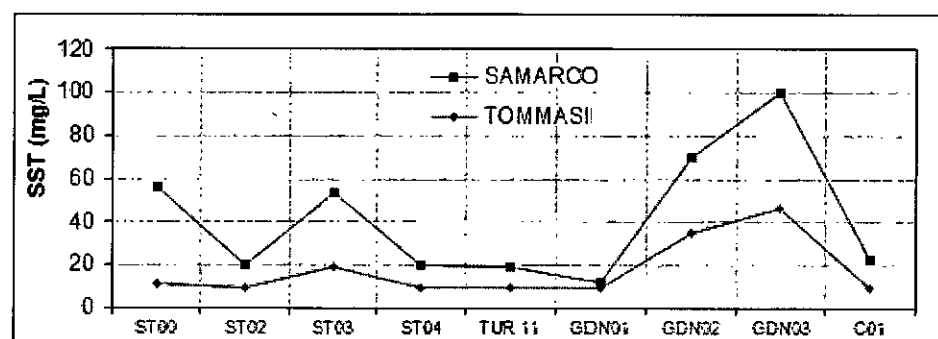
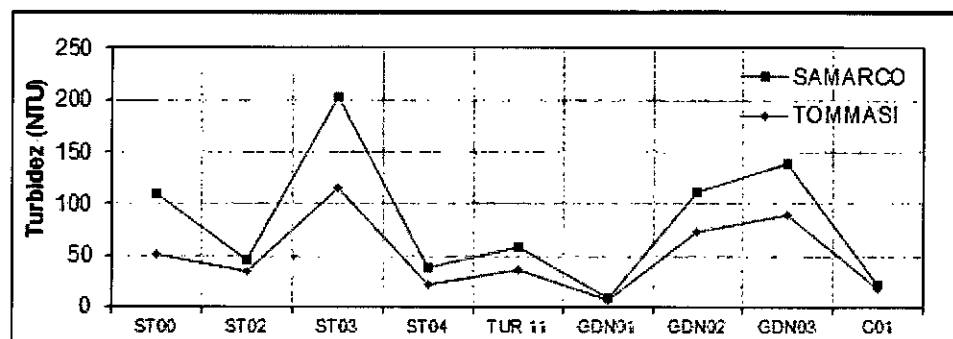
Aos 17 dias do mês de abril de 2017, procedemos a abertura deste volume nº VIII do processo de nº 02001.004139/2016-13, que se inicia com a página nº 1195. Para constar subscrevo e assino.

RUBENS BATISTA DOS SANTOS
Técnico Administrativo do(a) GABIN/SETORIAL/IBAMA

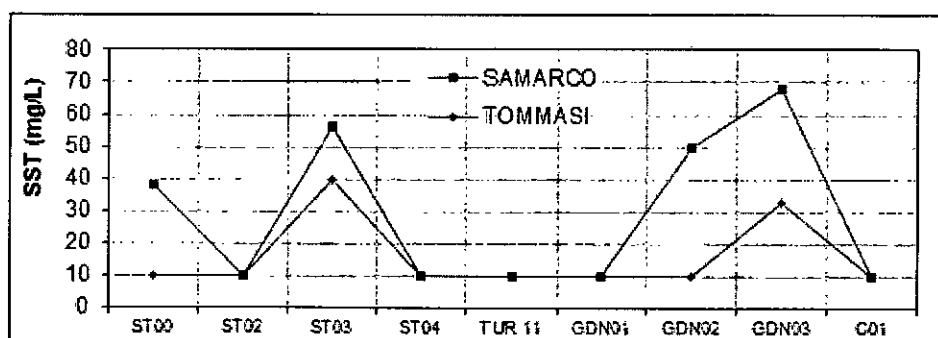
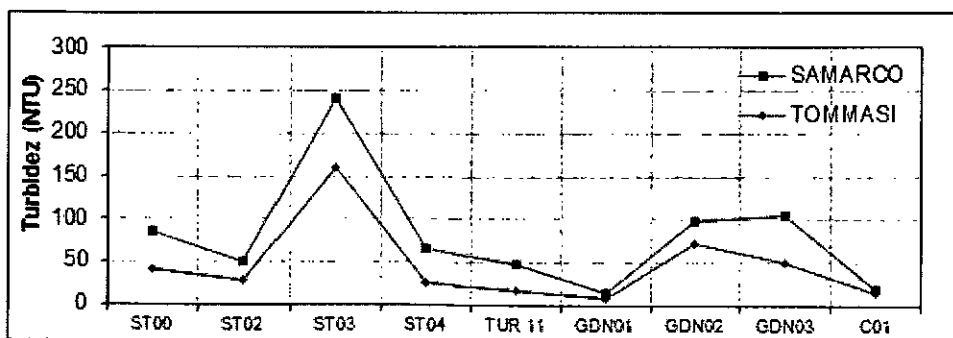




Amostragem 25/01/2017

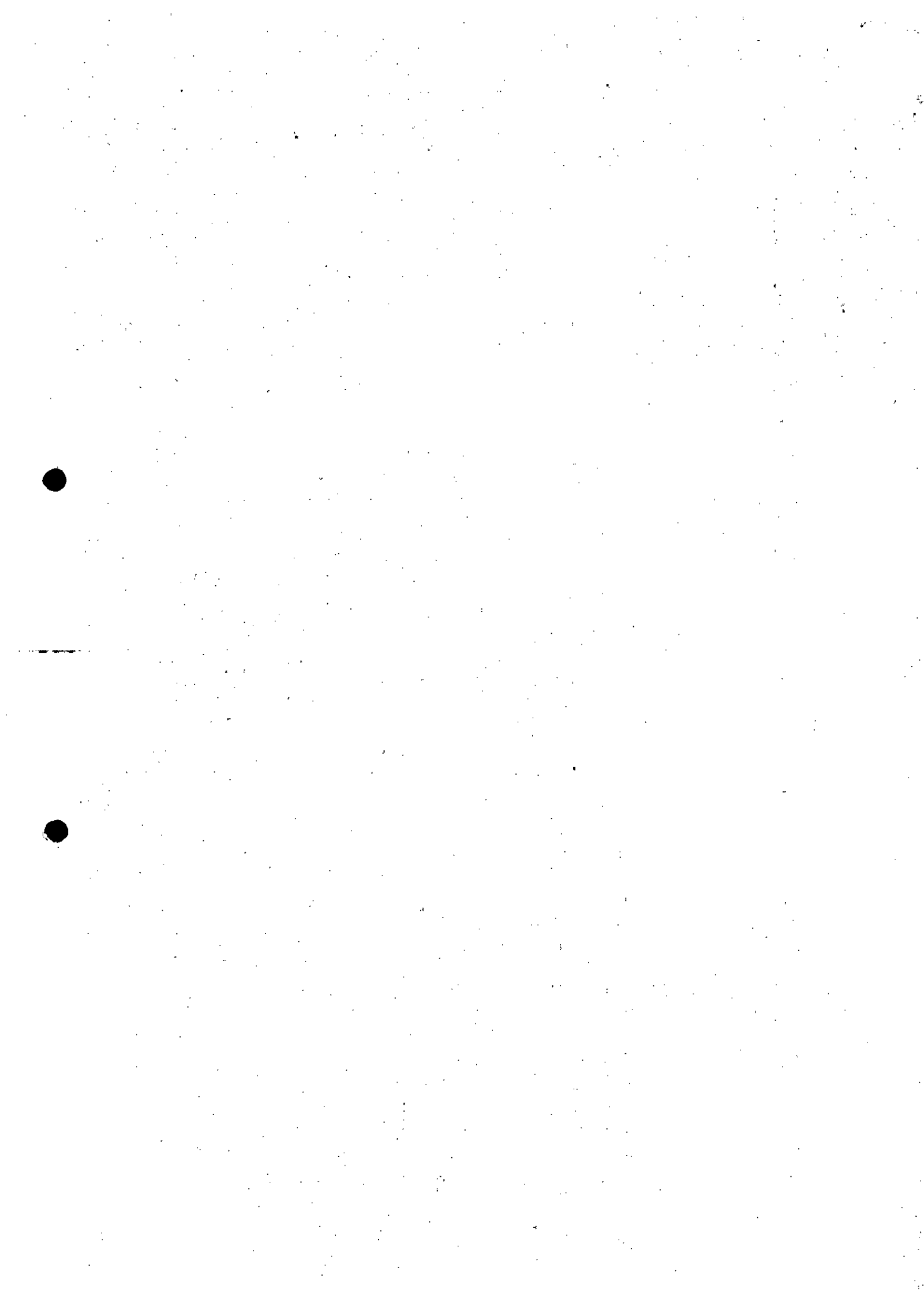


Amostragem 26/01/2017



Amostragem 28/01/2017

Figura 6.19 - Comparação entre os resultados das campanhas de análise de turbidez e sólidos suspensos realizadas pela SAMARCO e Tommasi.



O desempenho das estruturas de contenção de sedimentos - à semelhança das estações de tratamento de águas de abastecimento ou águas residuárias - deve ser avaliado segundo três premissas que se inter-relacionam: robustez, resiliência e confiabilidade pelo maior período de tempo possível.

A robustez pode ser definida como a capacidade da estrutura de manter a produção do efluente vertido com qualidade estável, independentemente das variações que possam ocorrer nas características do afluente. Já a resiliência expressa a velocidade com que a estrutura retorna ao seu desempenho normal após algum distúrbio, geralmente causado pela deterioração da qualidade do afluente ou problemas operacionais como, por exemplo, interrupção da aplicação dos coagulantes. Por fim, a confiabilidade remete à capacidade da estrutura de contenção de atender aos padrões de enquadramento ou às metas estabelecidas pela própria SAMARCO.

A despeito das condições não-ideais de coagulação (mistura rápida) e, principalmente, de floculação, a aplicação dos polímeros sintéticos a partir do vertedouro da Barragem Nova Santarém – um como coagulante primário e outro como auxiliar de coagulação – tem induzido a sedimentação das partículas suspensas e coloidais. Favorece tal eficiência o elevado tempo de detenção no Dique S3 que permite a deposição de flocos com menor velocidade de sedimentação.

Primeira avaliação expedita da efetividade das estruturas de contenção pode ser realizada por meio da análise de correlação entre os valores de turbidez do afluente (ponto de monitoramento TUR-80) e do efluente do Dique S3 (TUR-77), uma vez que a operação adequada aponta para baixos coeficientes de determinação (R^2) entre estes parâmetros. Inicialmente, considerando 255 registros diários de turbidez no período de 19/02/2016 a 28/12/2016, o valor mais elevado do coeficiente de determinação para regressão exponencial foi 0,161, sendo inferior a 0,05 para regressão linear ou logarítmica.

Em segunda análise, a remoção de turbidez manifestou-se conforme denotado na Figura 6.16, anteriormente apresentada. A redução da eficiência de remoção parece vincular-se mais à magnitude da turbidez do afluente do que à menor deposição de partículas suspensas e coloidais. Testifica esta afirmativa a disparidade da turbidez média afluente dos primeiros 132 registros (77.042 NTU) em relação aos demais (698 NTU). Cabe ainda salientar que, no mesmo período, 62% dos registros apresentaram turbidez inferior ao padrão de Classe 2 e 3 (100 NTU).

Considerando período mais recente de dados, de 26/12/2016 a 10/01/2017, efetuou-se a comparação entre turbidez no efluente do Dique S3 e em dois pontos de amostragem das águas do



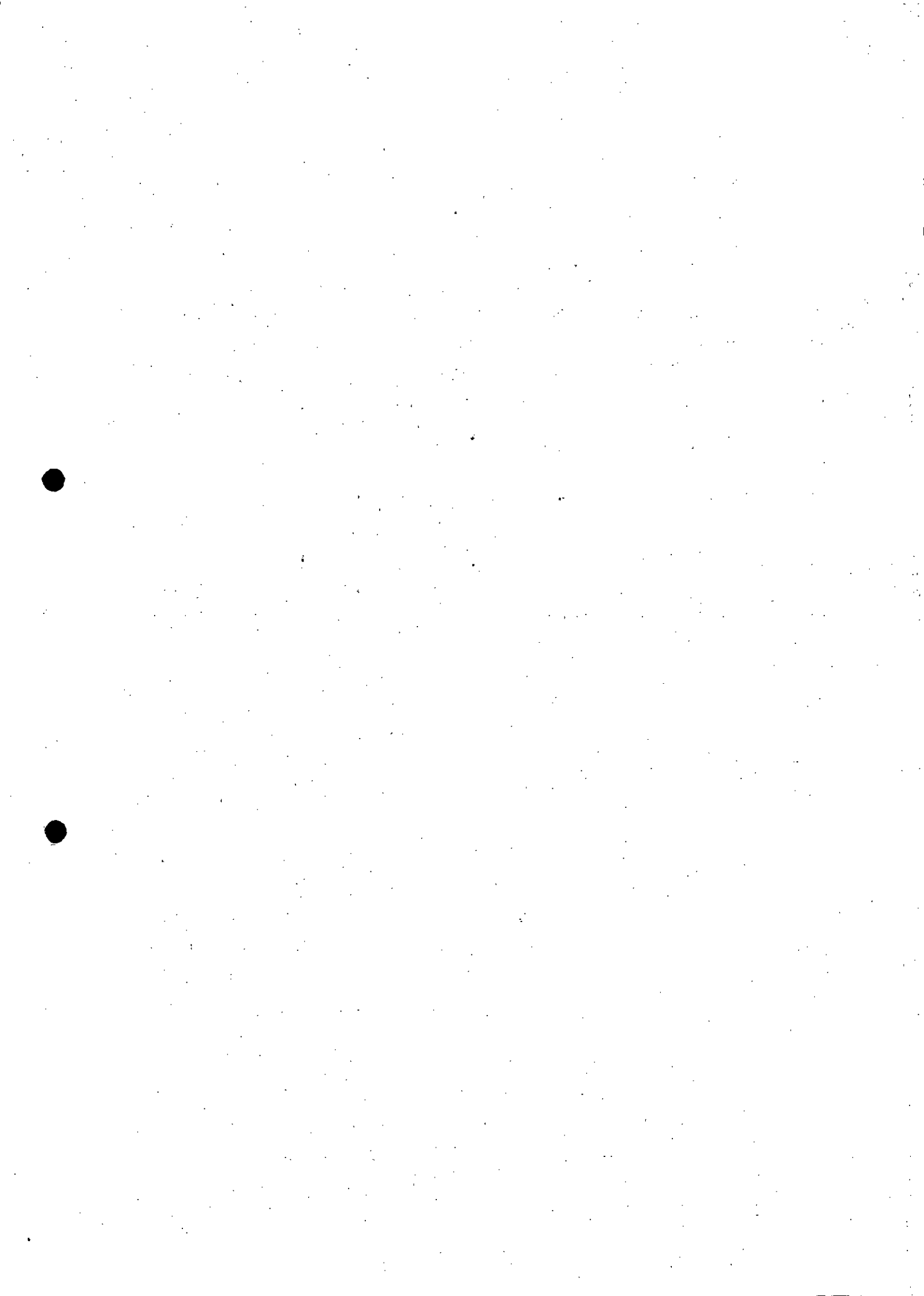
rio Gualaxo do Norte. Na Figura 6.20 são apresentados os 32 registros de turbidez do efluente do Dique S3 (média de 61,6 NTU) e de dois pontos do rio Gualaxo do Norte, estes separados por 6,2 km, o mencionado ponto mais distante (01) não impactado pela atividade minerária (média de 95,1 NTU) e outro mais próximo à confluência com o córrego Santarém (02) impactado pelo remanso dos sedimentos (média de 283,4 NTU).

Em semelhante vertente, a partir dos 29 registros diários de sólidos suspensos totais no mesmo período, efetuou-se comparação, apresentada na Figura 6.21, entre a concentração de sólidos suspensos totais no efluente do Dique S3 e no rio Gualaxo do Norte no ponto mais a montante da confluência com córrego Santarém.

Da análise das Figuras 6.20 e 6.21 depreende-se que aconteceram apenas três desconformidades para turbidez e sólidos suspensos totais a jusante do Dique S3. Entretanto, geralmente nas datas em que foram observadas tais inconformidades, ou outras datas, os registros do ponto de monitoramento do rio Gualaxo do Norte situado a montante da área impactada, também indicaram desconformidades .

Cabe ainda ressaltar a distinta natureza das partículas suspensas e coloidais do efluente do Dique S3 e do rio Gualaxo do Norte. Devido à aplicação de coagulantes na Barragem Nova Santarém é de esperar que as partículas suspensas de maiores dimensões sedimentem-se, não conferindo turbidez ao efluente do Dique S3. De qualquer forma, os critérios de enquadramento dos cursos de água não contemplam este grau de especificidade tornando menos relevante tal distinção.

Por fim, em visão retrospectiva, antes do rompimento da Barragem de Fundão em 05/11/2015, eram aplicadas doses de coagulantes no córrego do Fundão afluente à antiga Barragem Santarém. Os resultados do monitoramento, calcados em 136 registros diários de 2009 a 2010, apontaram média de turbidez de 25,8 NTU (coeficiente de variação de 87,1%) - de mesma magnitude à do efluente do Dique S3 (24,4 NTU com nos últimos 15 registros) - e de cor aparente de 16,5 NTU (coeficiente de variação de 100,1%). Ressalta-se a menor relevância da cor verdadeira, testificada pela significativa correlação entre os registros de turbidez e cor aparente com coeficiente de determinação superior a 0,74.



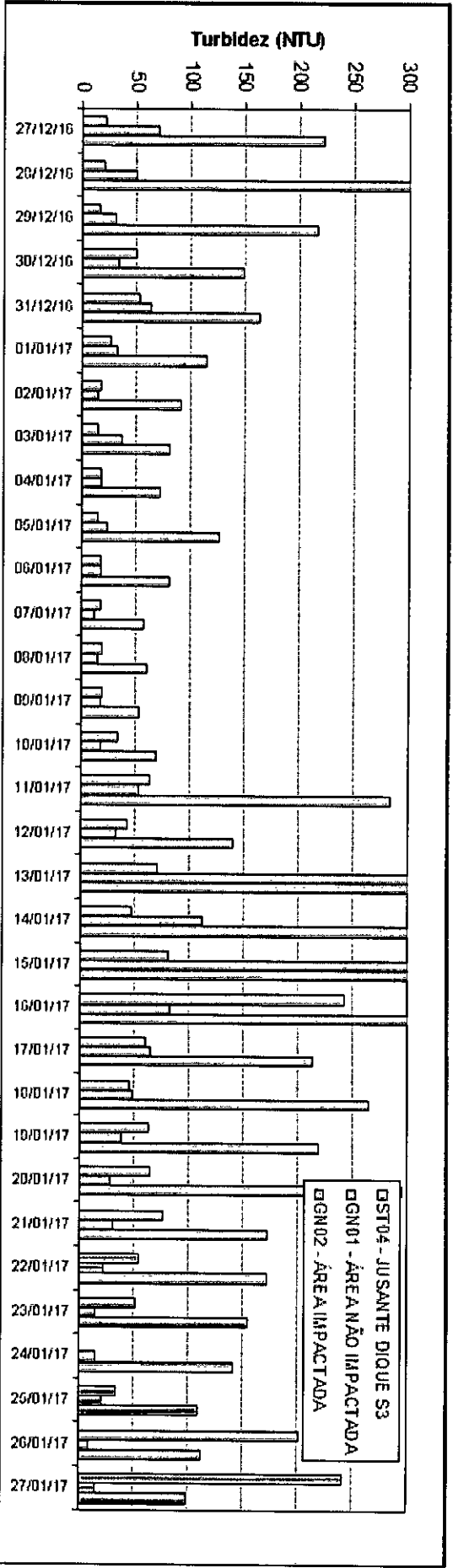


Figura 6.20 – Comparação entre os registros diários de turbidez a jusante do Dique S3 e em dois pontos no rio Gualaxo do Norte.

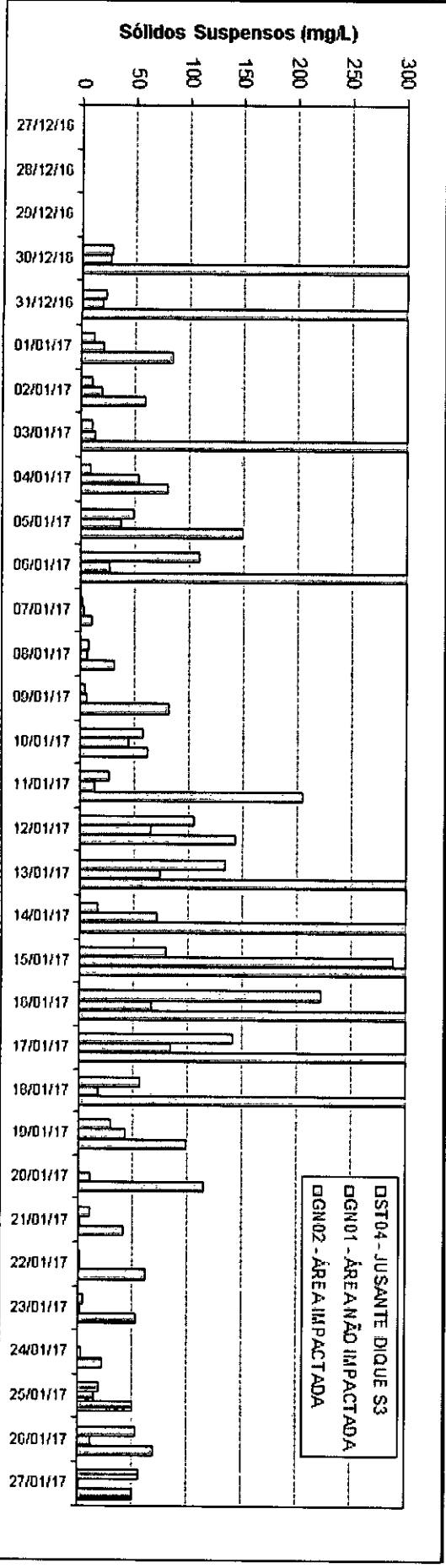
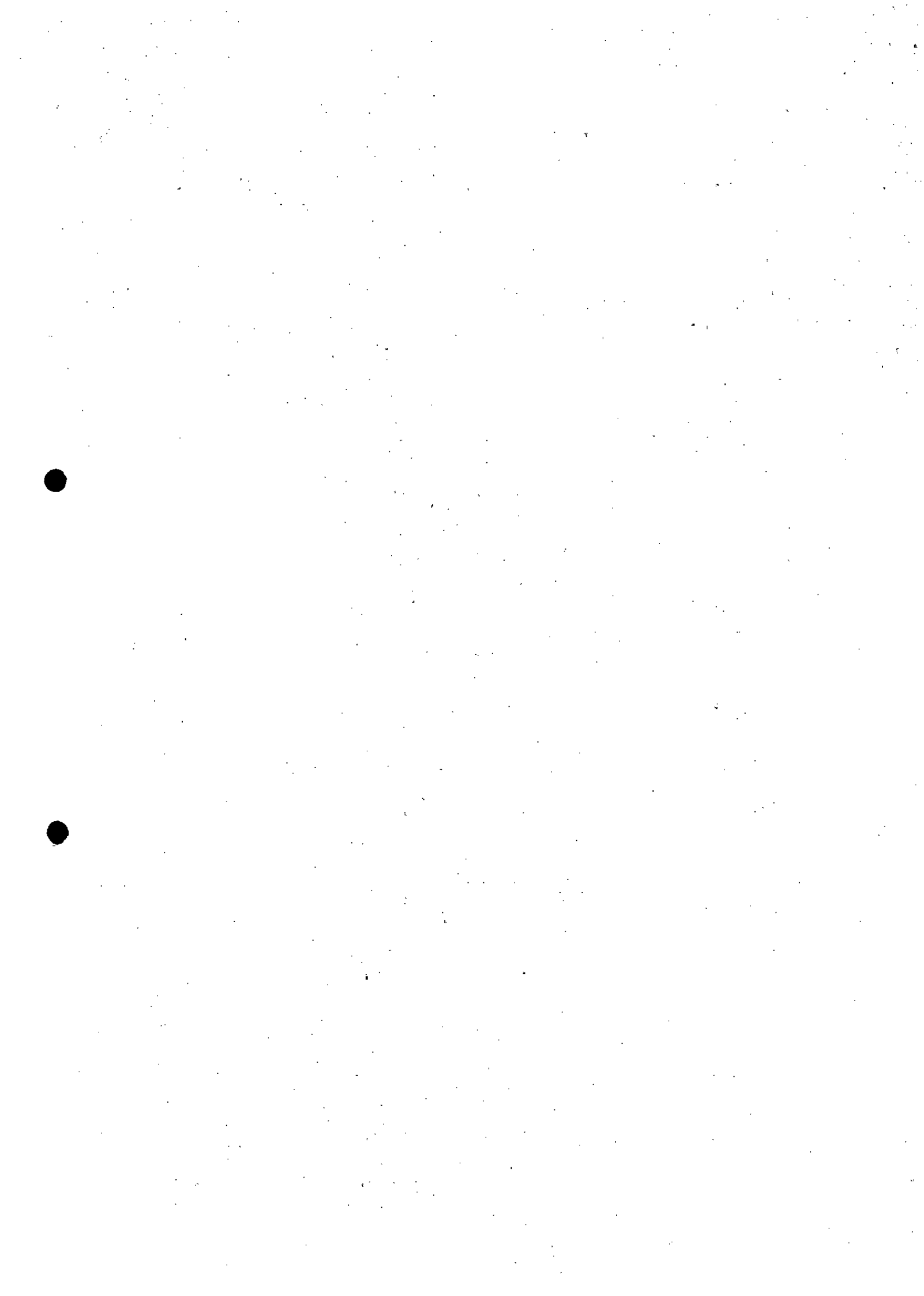


Figura 6.21 – Comparação entre os registros diários de sólidos suspensos totais a jusante do Dique S3 e no rio Gualaxo do Norte.



7.0 PRINCIPAIS LIMITAÇÕES E INCERTEZAS

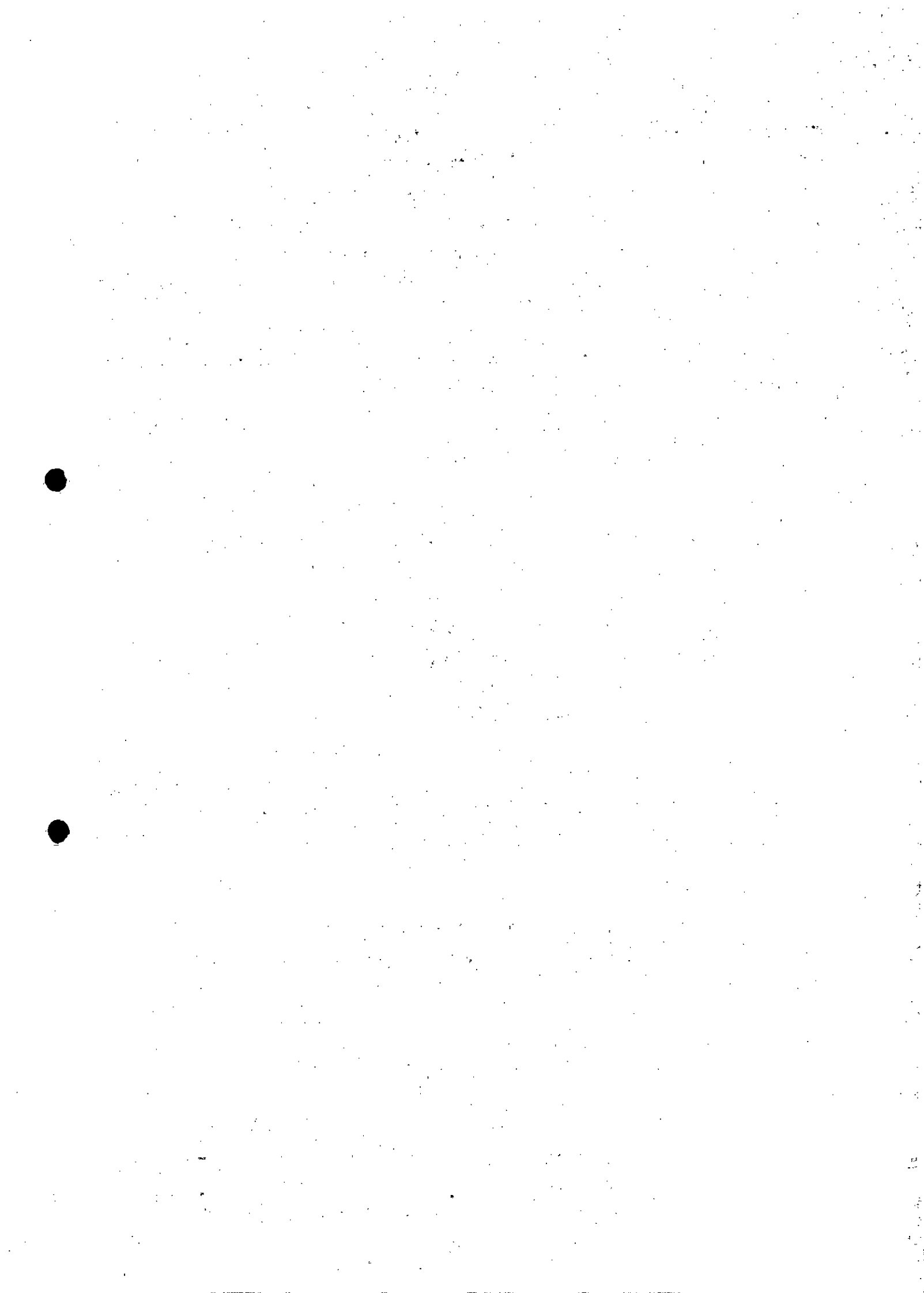
Embora exista um suporte teórico para o cálculo de eficiência de retenção de reservatórios ou de sistemas de controle de sedimentos, o desempenho de qualquer obra torna-se melhor avaliado com a disponibilidade de dados de monitoramento. Com base nessa afirmação, procurou-se avaliar o efetivo controle de possíveis vazamentos de rejeitos remanescentes no vale do córrego do Fundão focando-se na análise dos dados de monitoramento disponíveis, embora exista também toda a documentação da sequência de obras implantadas, que podem atestar o esforço da SAMARCO em solucionar o problema.

Como a própria definição do termo VAZAMENTO não tem um contorno explícito na literatura técnica, para a elaboração do presente documento foi estabelecido que o termo representaria a movimentação e transporte para jusante de qualquer quantidade dos rejeitos remanescentes na área das bacia hidráulica das barragens do Fundão e Santarém, considerando os limites de propriedade da SAMARCO, no período subsequente ao evento de rompimento.

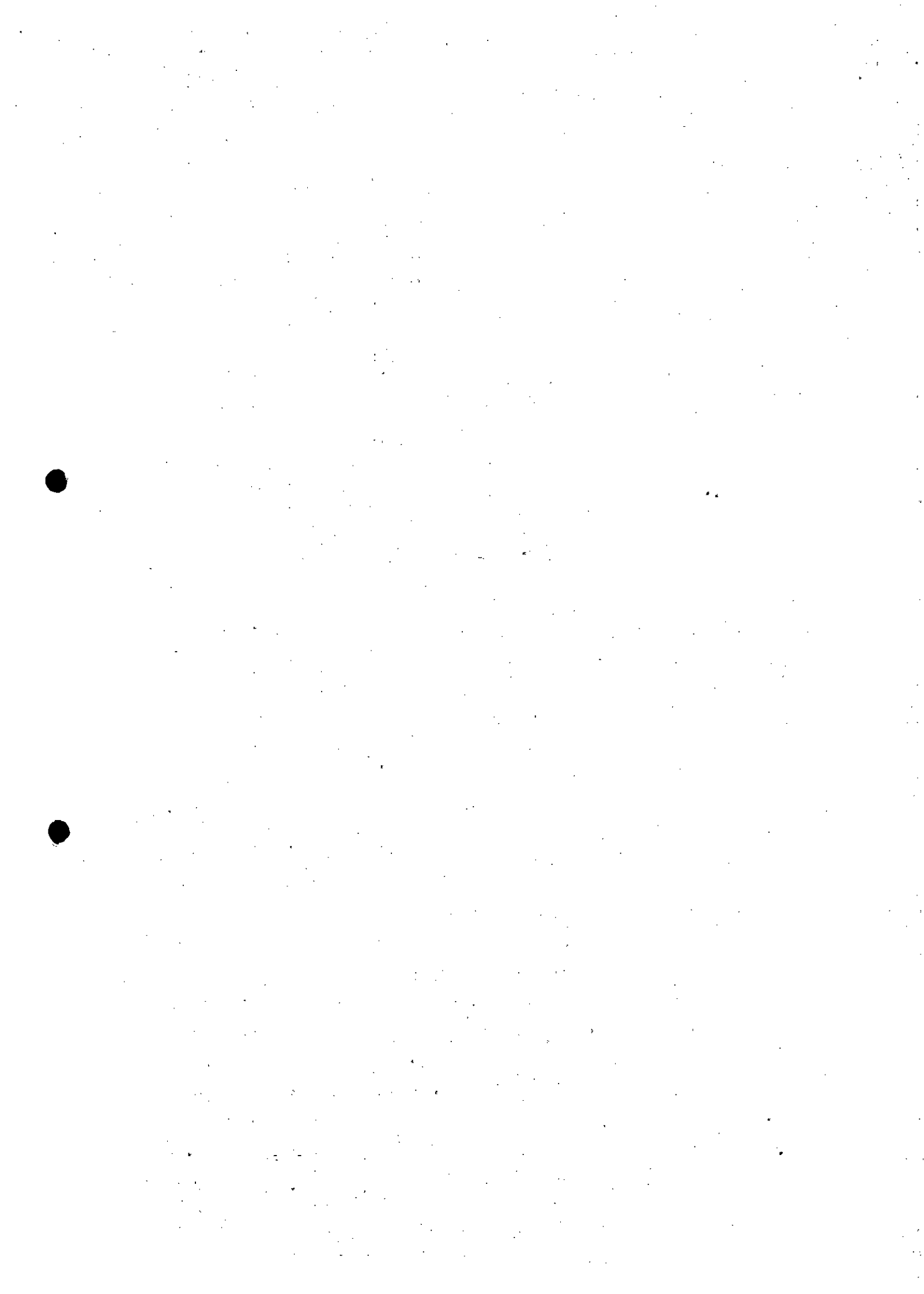
Obviamente, nos primeiros dias posteriores à ocorrência do rompimento, não havia muita possibilidade de atuação da SAMARCO, enquanto não fosse atestada a segurança necessária para execução dos trabalhos em campo. Tão logo a devida segurança foi alcançada, iniciou-se a implantação de obras emergenciais de contenção dos vazamentos, que foram progressivamente complementadas por estruturas dimensionadas e construídas com rigorosos critérios técnicos de engenharia.

A questão de avaliar a eficiência das medidas implantadas e provar que os vazamentos foram contidos, mesmo que baseada em registros de exaustivo programa de monitoramento, pode apresentar algumas incertezas, em decorrência de erros naturais envolvidos nos processos de coleta, medição e tratamento de dados. Assim, a presente análise foi efetuada levando-se em conta a existência de incertezas nos seguintes processos:

- O cálculo dos volumes movimentados ou retidos nos reservatórios das estruturas de contenção foi feito com base em levantamentos topográficos e batimétricos, que podem apresentar imprecisões inerentes aos equipamentos utilizados e à qualidade das malhas que compuseram os modelos digitais de terreno. Ademais, existem diferenças de densidades no material depositado, que apresenta uma segregação granulométrica de grossos para finos no sentido de montante para jusante dos depósitos, bem como diferenças em função dos tempos de adensamento.



- A conformação do vale no trecho fluvial de interesse não apresentava morfologia adequada para a implantação de estações de monitoramento hidrossedimentométrico confiáveis, onde pudesse ser estabelecida uma curva-chave de sedimentos e coletadas amostras de sedimentos em transporte por arraste e suspensão. Assim, a avaliação do transporte de sedimentos foi feita de forma indireta, por meio de medições de turbidez e de sólidos em suspensão, como possíveis indicadores da movimentação de eventuais vazamentos. As coletas de material para análise em laboratório estão sendo feitas em apenas uma vertical e um ponto de cada seção medidora, obviamente perdendo precisão em relação aos métodos da hidrossedimentológica clássica, que utilizam o método de integração em várias verticais distribuídas ao longo da seção.
- Grande parte das coletas de amostras para análise dos parâmetros de turbidez e sólidos em suspensão, cujos resultados foram utilizados nesta avaliação de eficiência de retenção em estruturas de contenção, foi realizada pela equipe técnica da SAMARCO. Embora devidamente treinada para a realização dessas atividades, a SAMARCO não se constitui em empresa acreditada para esses serviços segundo o INMETRO. Da mesma forma, as análises laboratoriais realizadas pela empresa, mesmo tendo sido comparadas com aquelas processadas por laboratórios oficiais, também não possuem certificado de acreditação.
- Apesar de existirem métodos convencionais para avaliação da eficiência de retenção de reservatórios, estas análises não são apresentadas no presente documento. Tal decisão partiu do fato de que a eficiência de retenção dos reservatórios varia ao longo tempo, principalmente em função da vazão afluente e do aporte de sólidos. No caso específico em análise, além das varrições de vazão e aporte de sólidos, também foram bastante inconstantes a disposição das estruturas no tempo e espaço, bem como suas características físicas (layout, altura de maciço, intercalação no trecho). Por esse motivo, a avaliação sequencial e temporal da eficiência de retenção das estruturas, aplicando-se os métodos convencionais, só conduziria a resultados precisos, caso fossem estabelecidos e/ou considerados os vários cenários característicos da constituição do atual sistema de estruturas. De qualquer forma, quando todas as estruturas estiverem definitivamente implantadas, será possível realizar tais cálculos, ratificando a eficiência de contenção correspondente, esperada e comprovada pelos métodos apresentados neste documento.



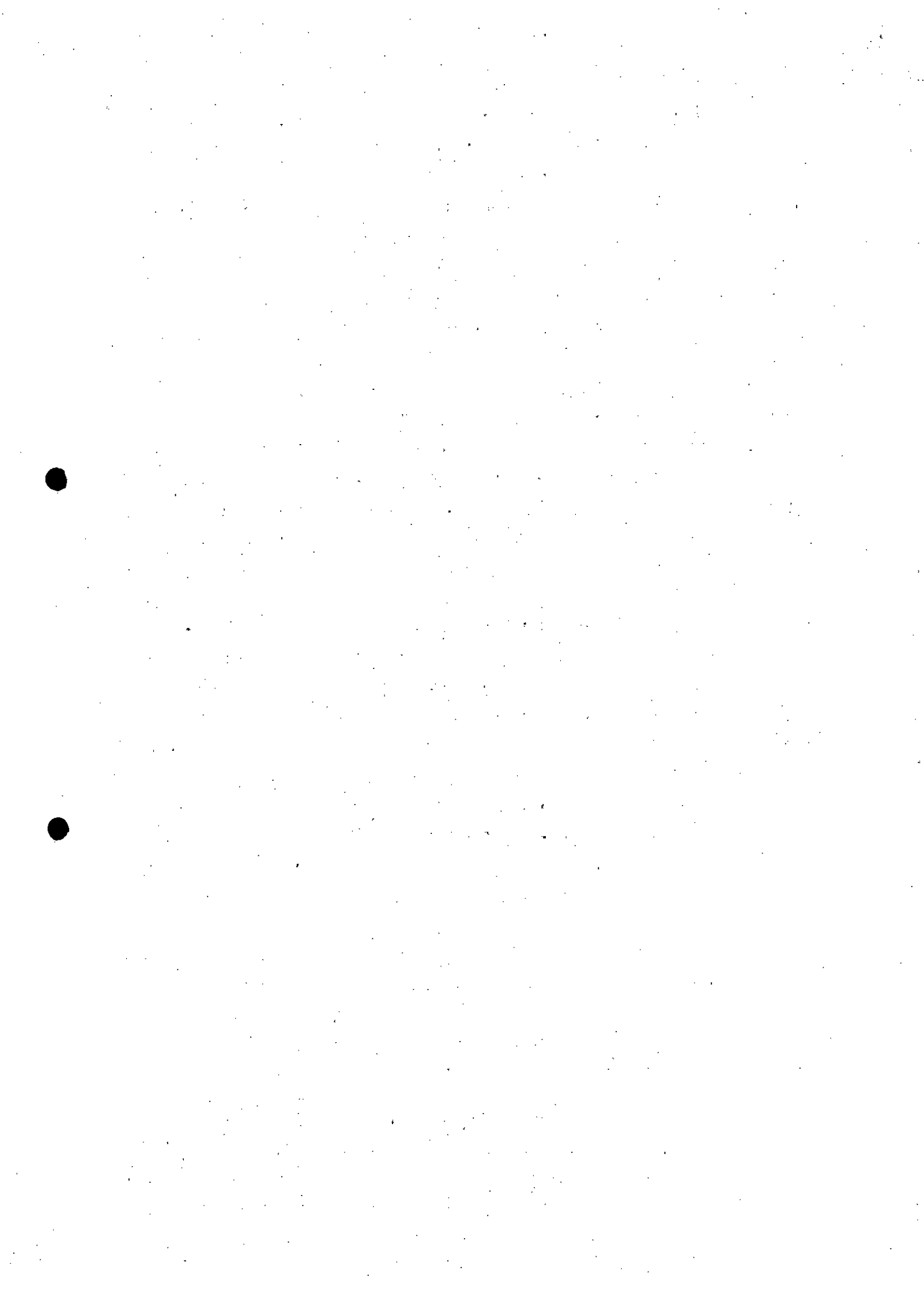
8.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente documento apresentou uma série de elementos que permitem à 12ª Vara Federal em Belo Horizonte, Minas Gerais, avaliar a eficiência das ações e medidas implantadas pela SAMARCO para a contenção de vazamentos dos rejeitos remanescentes nos vales dos córregos do Fundão e Santarém, considerando os limites de sua propriedade, após o evento de rompimento da Barragem do Fundão.

Tais elementos estão relacionados (i) ao plano de obras executado pela SAMARCO, no intuito de conter o material eventualmente mobilizado e transportado do vale da Barragem do Fundão; (ii) à análise de uma série de levantamentos topográficos e batimétricos realizados pela empresa no intuito de mensurar os volumes movimentados e retidos no trecho compreendido entre o local do rompimento e a foz do córrego Santarém no rio Gualaxo do Norte; e (iii) à análise dos parâmetros de qualidade das águas e variáveis sedimentológicas provenientes de uma rede de monitoramento implantada e mantida pela empresa ao longo dos cursos de água impactados ou não pela onda de ruptura da Barragem do Fundão. Complementarmente, podem ser citadas as obras de dragagem e/ou remobilização interna do material depositado no reservatório do Dique S3 e o lançamento de reagentes (coagulantes e floculantes) no trecho do córrego Santarém situado a montante da citada estrutura.

No que tange ao cálculo dos volumes retidos, ressalta-se que o assoreamento total ou parcial do reservatório das obras transversais já implantadas pela SAMARCO, demonstra a contenção de um vazamento que, na ausência dessas estruturas, teria fluído para a calha do rio Gualaxo do Norte. Os volumes acumulados superam os volumes defluentes especificamente do vale do Fundão, indicando retenção de material remobilizado ao longo do trecho, bem como sedimentos produzidos pelos processos erosivos naturais.

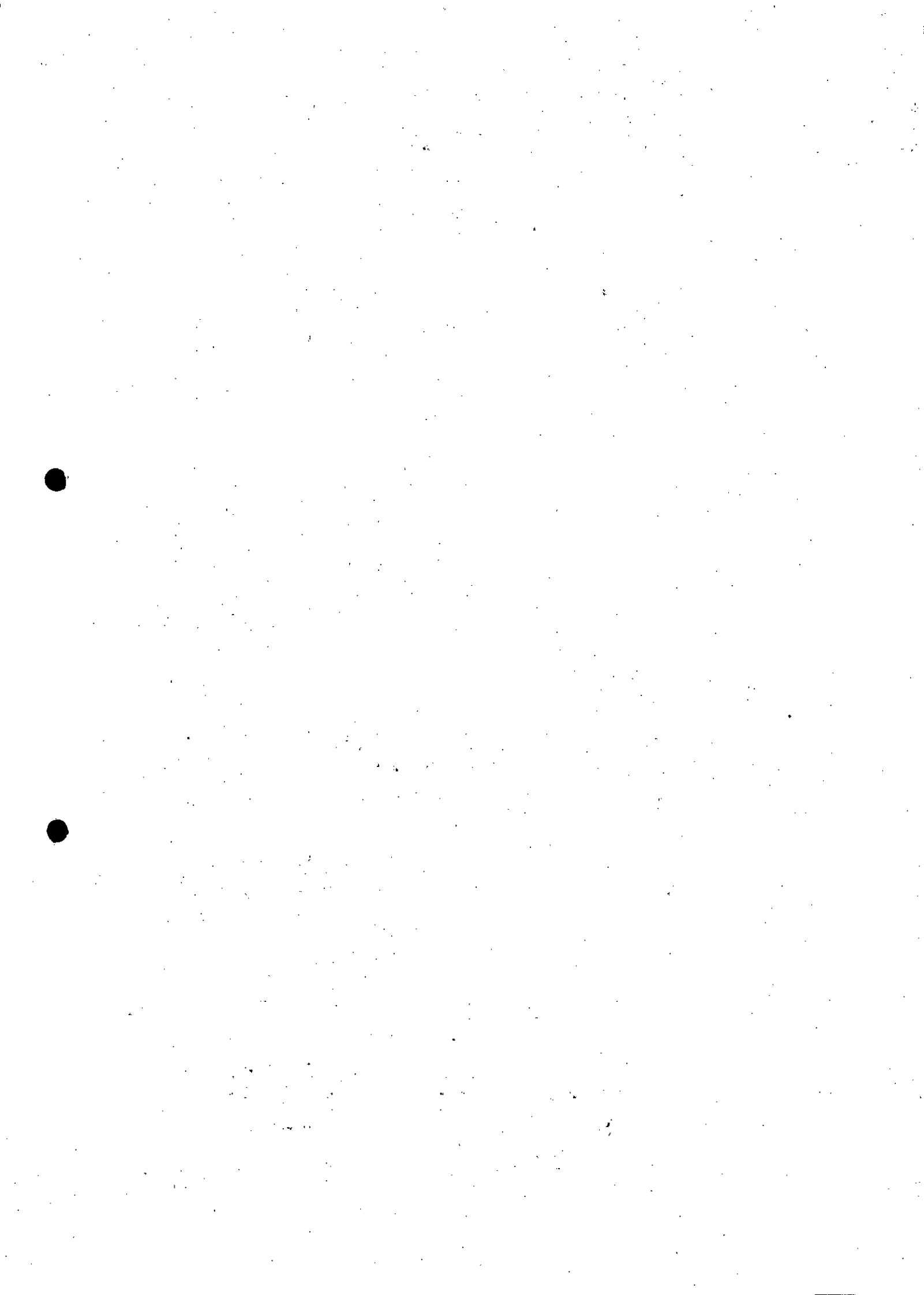
Quanto ao monitoramento dos indicadores de qualidade, com destaque especial para o parâmetro de turbidez, verifica-se que a redução dos valores monitorados a jusante das principais estruturas de contenção (Dique S3) para níveis compatíveis ao enquadramento dos cursos de água da bacia (Classe 2) também demonstram a retenção do material de granulometria grossa e mais fina, o qual eventualmente poderia vazar pelo transporte em suspensão. Vale ressaltar que a adição de reagentes no fluxo defluente da Barragem Nova Santarém, as operações de dragagem e/ou remobilização de material depositado no reservatório do Dique S3 e as obras de alteamento de algumas estruturas (Barragem Nova Santarém e Dique S3) contribuíram para o citado fato.



Até o presente momento, já se pode mensurar a eficiência das medidas implantadas, considerando as análises de volumes retidos e a evolução temporal de parâmetros de qualidade das águas com expressiva redução dos índices de turbidez. Com o cronograma de obras apresentado, prevendo-se a conclusão de algumas estruturas ainda em construção (Dique Eixo 1, Barragem Nova Santarém), pode-se concluir que os eventuais vazamentos que venham a ocorrer serão contidos nos limites da calha do córrego Santarém.

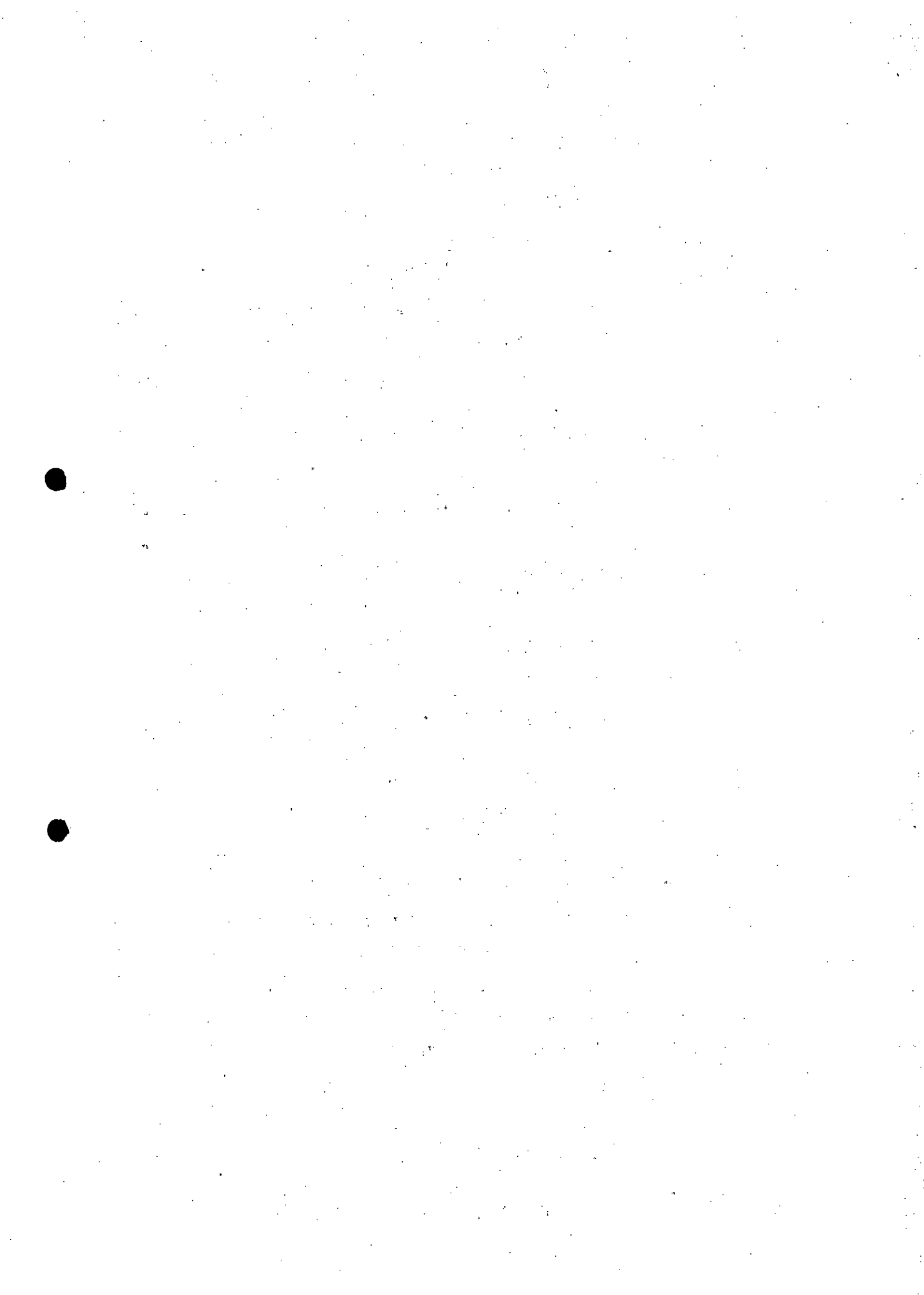
Além disso, a SAMARCO aprimorou sua rede de monitoramento de forma a reduzir as incertezas nos cálculos dos indicadores de eficiência, devendo atualizar a presente análise na medida em que o estoque de dados for incrementado.

Isto posto, pode-se concluir, com base nos dados e informações disponíveis que não há vazamento de material defluente do vale do Fundão para o trecho de jusante dos limites de propriedade da SAMARCO, atualmente, e potencial de não ocorrência nas próximas estações seca e/ou chuvosa.

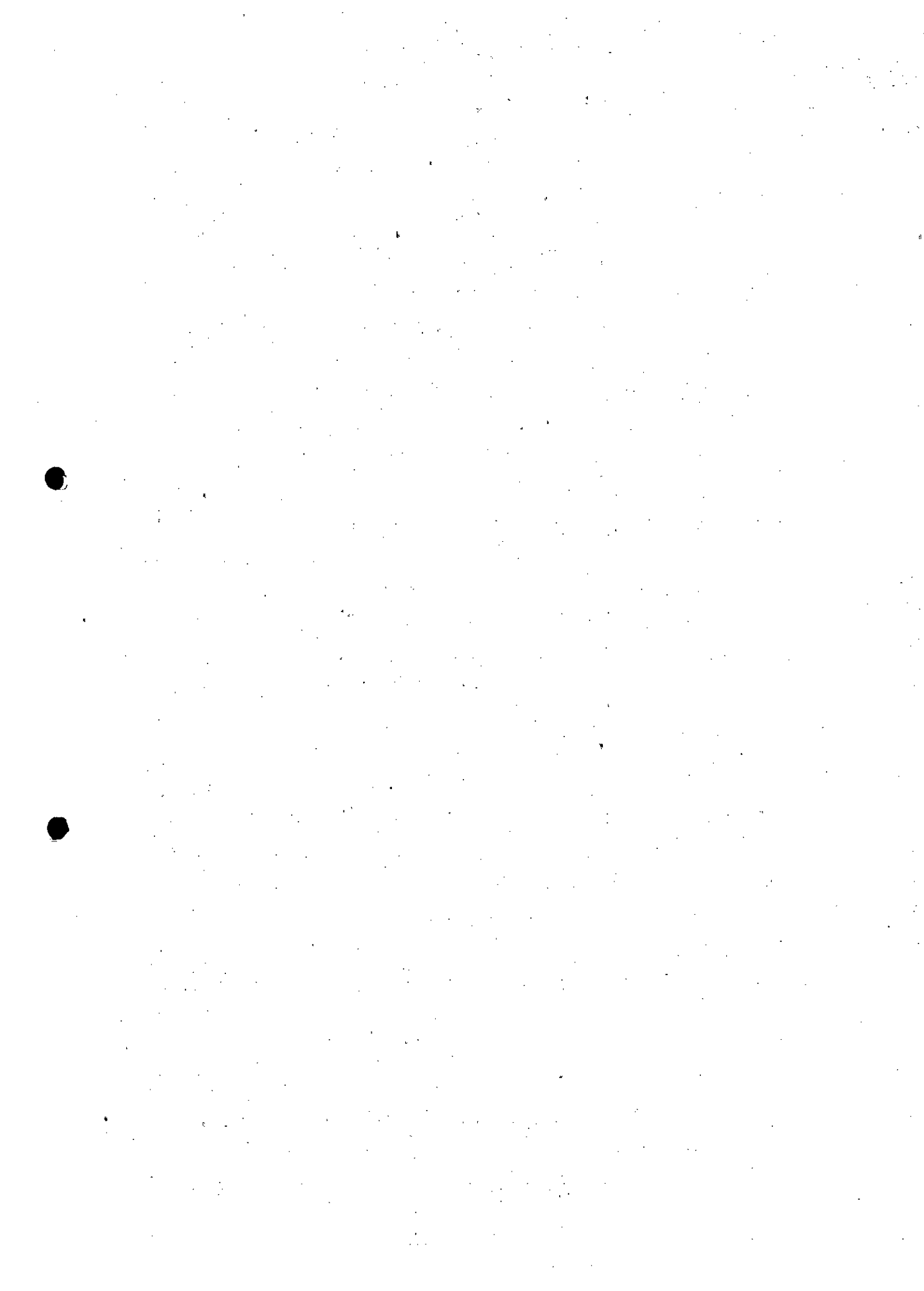


9.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

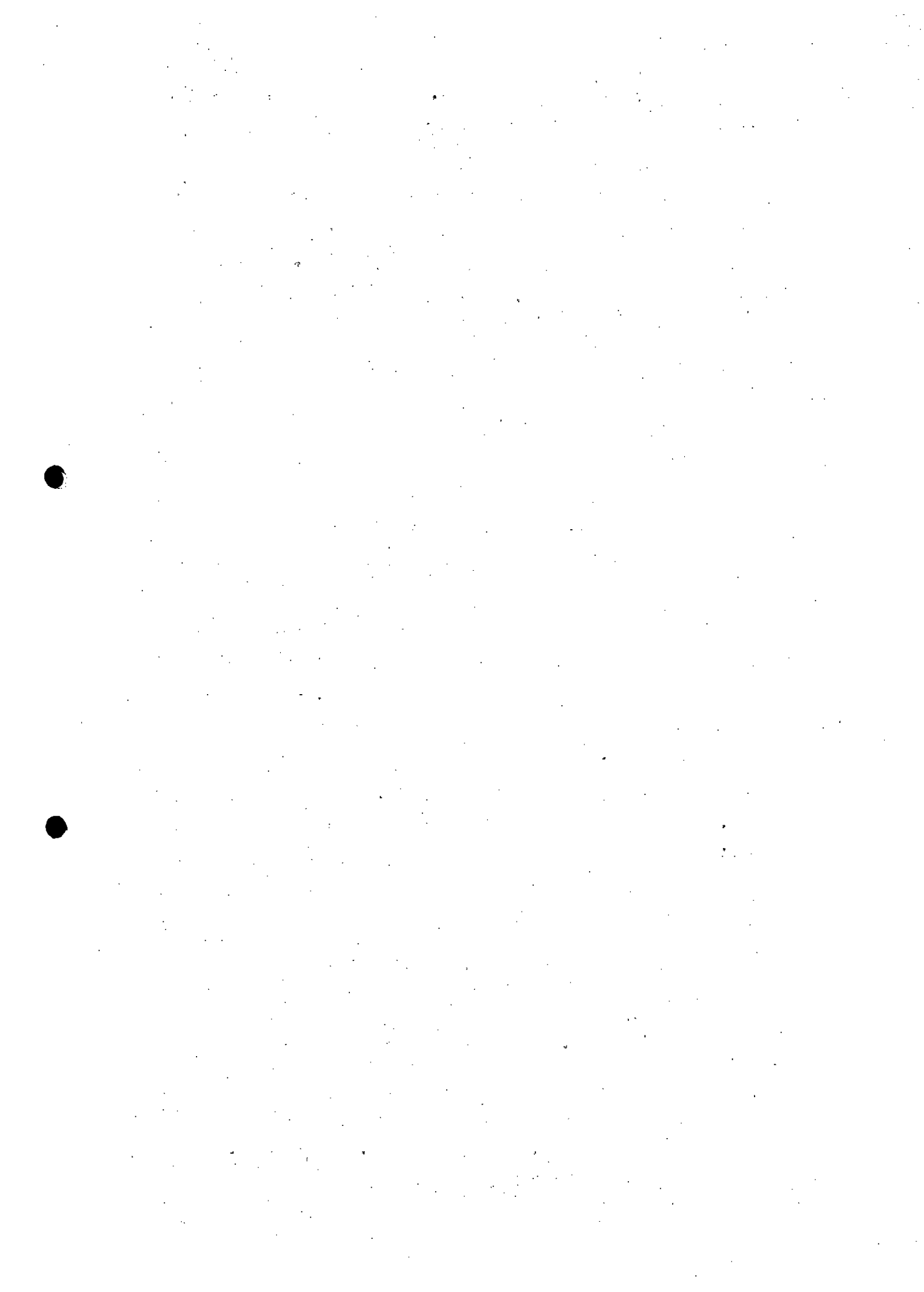
- AMORIM, S.S.S; SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F. & MATOS, A.T. Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.6, 2010. p.1046-1049. Goiânia, UFG, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Dissertação de Mestrado,
- AMPLO, Estudo de Impacto Ambiental Integrado do Complexo Germano – Caracterização do Empreendimento – Retomada da Operação – Relatório Técnico Preliminar. Dez/2016.
- ANA, Agência Nacional de Águas. HidroWeb - Sistema de Informações Hidrológicas, www.hidroweb.ana.gov.br, 2016.
- ANEEL. Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios. Agência Nacional de Energia Elétrica - Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas - Brasília, DF – 2000. 107 p.
- APLYSIA, Documento 4698/2016 - Avaliação dos Possíveis Efeitos do Uso Contínuo de Floculantes e Coagulantes no Ambiente – Relatório Técnico. Jun/2016.
- BAPTISTA, G.M.M. Diagnóstico ambiental da Perda Laminar de solos por meio do geoprocessamento. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, 1997.112p.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F.L. Conservação do Solo. 3ª edição, 1993. Ícone, Editora, São Paulo.
- BOFFA MISKELL. Overview of the effects of residual flocculantes on aquatic receiving environments. Disponível em : www.aucklandcity.govt.nz/. Acessado em 01/09/2016.
- BOTELHO, T. H. A. Disponibilidade e aplicabilidade de dados espaciais na caracterização e quantificação de perdas de solo por erosão na bacia hidrográfica do rio Samambaia, Goiás. 2015, 139 p.
- BVP, Documento G000000-G-1RT022 – Germano Geral - Obras Emergenciais – Dique Eixo 1, Nova Barragem de Santarém e Dique S3 – Memorando Técnico. Jan/2017.
- BVP, Documento G002400-C-1RT006 – Vale do Fundão - Recuperação do Vale do Fundão – Dique Eixo 1 – Estudos Hidrológicos e Hidráulicos – Sistema Extravasor – Maciço El. 820,00m - Projeto Executivo – Relatório Técnico. Ago/2016.
- CAMPAGNOLI, F. The production of the sediment of the South America continent: propose of mapping of the erosion rates based on geological and geomorphological aspects. Revista Brasileira de Geomorfologia. v. 7, nº 1 (2006), p.3-8.



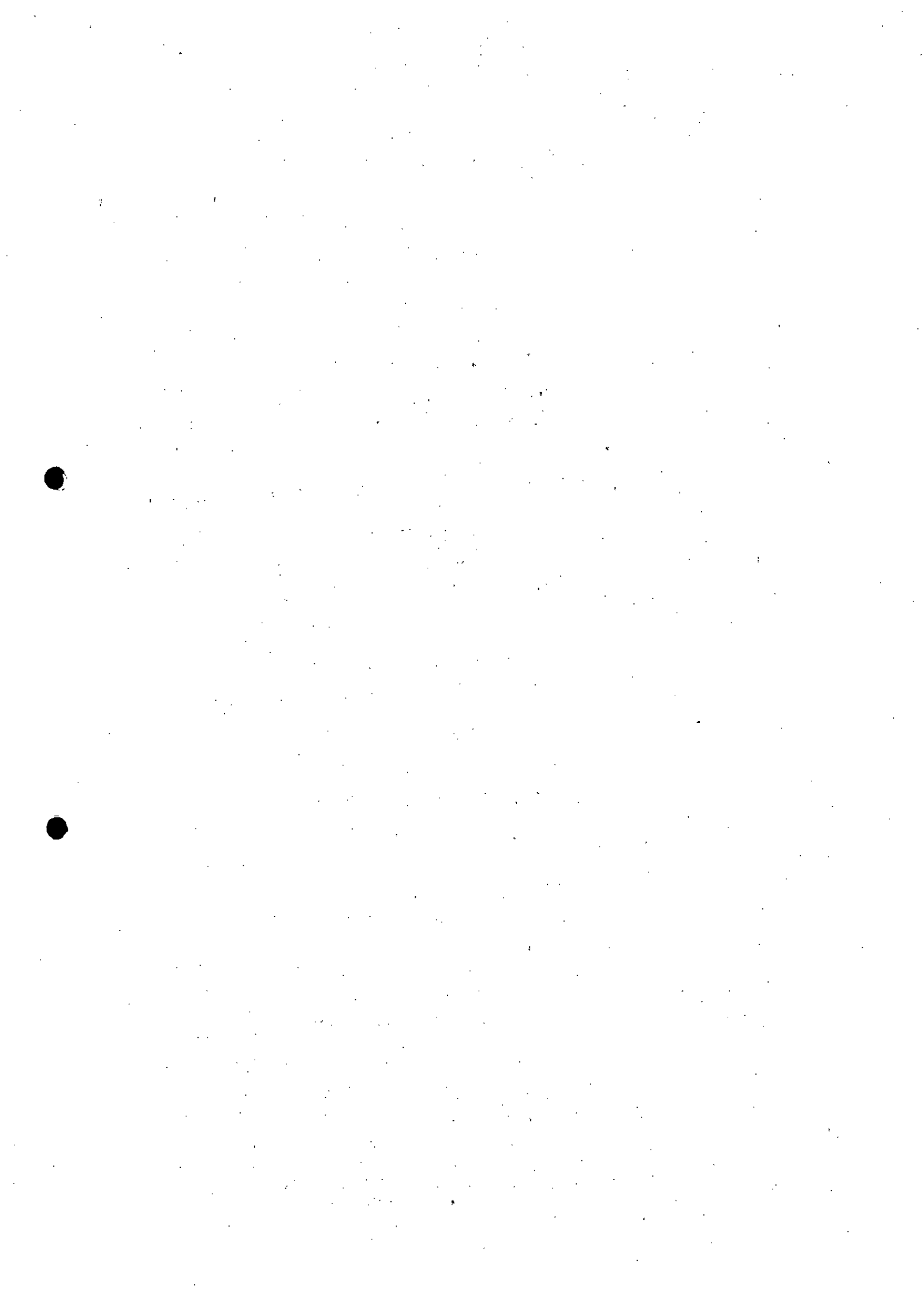
- CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia Prática. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.
- CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente - Resolução 357, Brasília, 23 p., março 2005.
- ELETOBRÁS, Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros, 1998.
- FARINASSO, M.; CARVALHO Júnior, O.A.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T. & RAMOS, V.M. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI-MA. Revista Brasileira de Geomorfologia. Ano 7, nº 2 (2006), P. 73-85.
- FRANCO, F.S.; COUTO, L.; CARVALHO, A.F.; JUCKSCH, I.; FERNANDES Filho, E.I.; SILVA, E. & MEIRA NETO, J.A.A. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona Da Mata DE Minas Gerais. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.26, n.6 (2002), p.751-760.
- GOLDER Associates. Avaliação dos impactos no meio físico resultantes do rompimento da barragem de Fundão. Cap. 3: Geomorfologia, hidrodinâmica e hidrossedimentologia. Relatório no. RT-023_159-515-2282_00-J, Julho, 2016, pp. 17-124.
- IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) – Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2015, Resumo Executivo, 75 p., março 2016.
- LIBÂNIO, M. – Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água, 4ª Ed., Átomo, Campinas, 644 p., 2016.
- MACHADO, C. C.; GARCIA, A. R.; SILVA e FONTES, A. M. Comparação de taxas de erosão em estradas florestais pelo modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project) modificado em relação a medições experimentais. Revista Arvore, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 295-300, maio/jun. 2003.
- MATA, C.L.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; CARVALHO, A.P.F.; Gomes, R.A.T.; MARTIN, E.S. & GUIMARÃES, R.F. Avaliação multitemporal da susceptibilidade erosiva na bacia do rio Urucuia (MG) por meio da Equação Universal de Perda de Solos. Revista Brasileira de Geomorfologia. Ano 8, nº 2 (2007), p. 57-71.
- MAXWELL C. H. 1972. Geology and Ore Deposits of the Alegria District, MG, Brazil. DNPM/USGS, Washington, Prof. Paper 341-J, p. 72. Mapas e perfis geológicos.
- MELO MARQUES, G.S.; Alvarenga, R.C. & Curi, N. Erosividade das chuvas da região de Sete Lagoas, MG. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.33, n.5, 1999. p. 761-768.



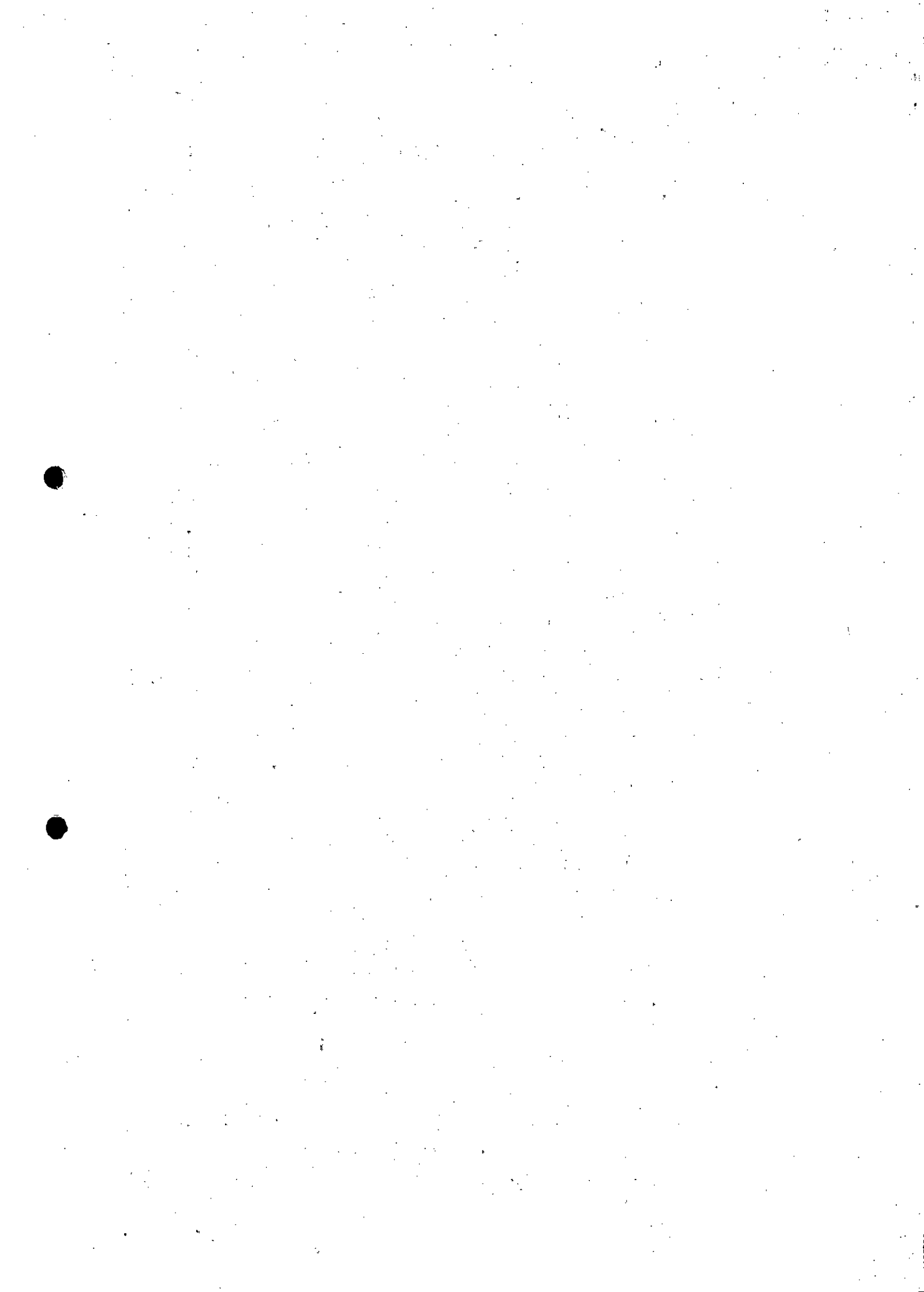
- MELO MARQUES, G.S.; Alvarenga, R.C.; Curi, N.; Santana, D.P. & Silva, M.L.N. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados - primeira aproximação. R. bras. Ci. Solo, Viçosa, v21, 1997. p. 427-434.
- MINELLA, J.P.G., MERTEN, G.H. & RUHOFF, A.L. Utilização de métodos de representação espacial para cálculo do fator topográfico na equação universal de perda de solo revisada em bacias hidrográficas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34 (4), 2010. 1455–1462.
- MITASOVA, H. & BROWN, W.M. Using soil erosion modeling for improved conservation planning: a GIS-based tutorial. <http://skagit.meas.ncsu.edu/~helenagmslab/reports/CerlErosionTutorial/denix/denixstart.html>. Acessado em julho de 2013.
- MITASOVA, H. & LUBOS, M. Erosion/deposition modeling with USPED using GIS. Em: <http://www4.ncsu.edu/~hmitaso/gmslab/denix/usped.html>. Acessado em 20/01/2017.
- MITASOVA, H.; HOFIERKA, J.; ZLOCHA, M. & IVERSON, R. L. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS, Int. Journal of Geographical Information Science, 10(5), 1996. 629-641.
- MOREIRA, M.C.; PRUSKI, F.F.; OLIVEIRA, T.E.C.; CARVALHO PINTO, F.A. & Silva, D.D. NetErosividade MG: erosividade da chuva em Minas Gerais. Rev. Bras. Ciênc. Solo, vol.32 no.3, 2008, Nota de 11 páginas.
- NETO, F. & Moldenhauer, W.C. Erosividade da chuva, sua distribuição e relação com perdas de solos em Campinas, SP. In: Encontro Nacional de Pesquisa de Conservação de Solo, 3. Anais..., (1980), Recife.
- NEVES, S. M. A. S.; MOTINHO, M. C.; NEVES, R. J. e CAMPOS SOARES, E. R. Estimativa da perda de solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Jauru/MT. Uberlândia-MG. Revista Sociedade e Natureza, Ano 23, no. 3, 2011, pp. 423-434.
- NORWEST, Documento G002400-O-1MD006_R00_PT – Germano Geral – Simulações de Fluxo e Barreiras – Barreira da Seção 2 – Estudos e Memorial Descritivo. Ago/2016.
- NORWEST, Documento G002400-O-1RT321_R02_PT – Germano Gerla – Geral – Barreiras da Seção 1, 3 e 4 – Estudo e Memorial Descritivo., Out/2016.
- OLIVEIRA, F.P. de. Erosão hídrica em áreas florestais no vale do rio doce, região centroleste do estado de Minas Gerais. Lavras, UFLA, Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas), Dissertação de Mestrado. 2016, 116 p.
- PEREIRA, J. C.; OLIVEIRA, G. C.; MESQUITA, M. G. B. F. Controle da erosão em terras não cultivadas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 69-72, 1992.



- PICCOLO, M. A. M.; PINTO, C. A. & TEIXEIRA, E. C. – Correlação entre sólidos suspensos, cor e turbidez para água captada no rio Jucu – ES, Anais Eletrônicos do 20o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 1999.
- PIVELI, R. P. & KATO, M. – Características físicas das águas: cor, turbidez, sólidos, temperatura, sabor e odor in: Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos, Ed. ABES, Rio de Janeiro, 285 p., 2006.
- POTAMOS, Documento G002400-H-1RT005 - Germano Geral – Barragem Germano – Plano de Manejo de Águas e Rejeito - Sistema Extravasor Emergencial 2016/2017 – Curto Prazo – Estudo de Alternativas – Relatório Técnico. Out/2016.
- POTAMOS, Documento G002400-H-1RT006 - Germano Geral – Barragem do Germano – Plano de Manejo de Águas e Rejeito - Dimensionamento Hidrológico do Sistema de Bombeamento da Baía 3 – Relatório Técnico. Out/2016.
- RANIERI, S.B.L. Avaliação de métodos e escalas de trabalho para determinação de risco de erosão em bacia hidrográfica utilizando SIG. São Carlos, SP. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1996. 128p.
- RENARD et, al. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). USDA Agriculture Handbook 703. 382pp. 1997.
- SAADI, A. Compartimentação geomorfológica do Quadrilátero Ferrífero. Relatório técnico elaborado para Golder Associates, incluindo mapeamento geomorfológico digital, 2008.
- SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. Catena, Amsterdam, v. 57, no. 3, p. 251-259, Agosto. 2004.
- SIMÕES, H. D. G. Modelação Espacial da Erosão Hídrica do Solo. Aplicação da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária. Dissertação de Mestrado, Alentejo/Portugal. 2013, 188 p.
- TARBOTON, D.G. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. Water Resources Research, vol. 33, no. 2. 1997. p.309 –319.
- VON SPERLING, E. & LIBÂNIO, M. – Estudo de avaliação das tecnologias de tratamento e da qualidade da água da Barragem Santarém – Complexo Germano-MG, Relatório Técnico, 28 p., setembro 2011.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. Washington: Agriculture Handbook, no. 537, U.S. Department of Agriculture. 1978.

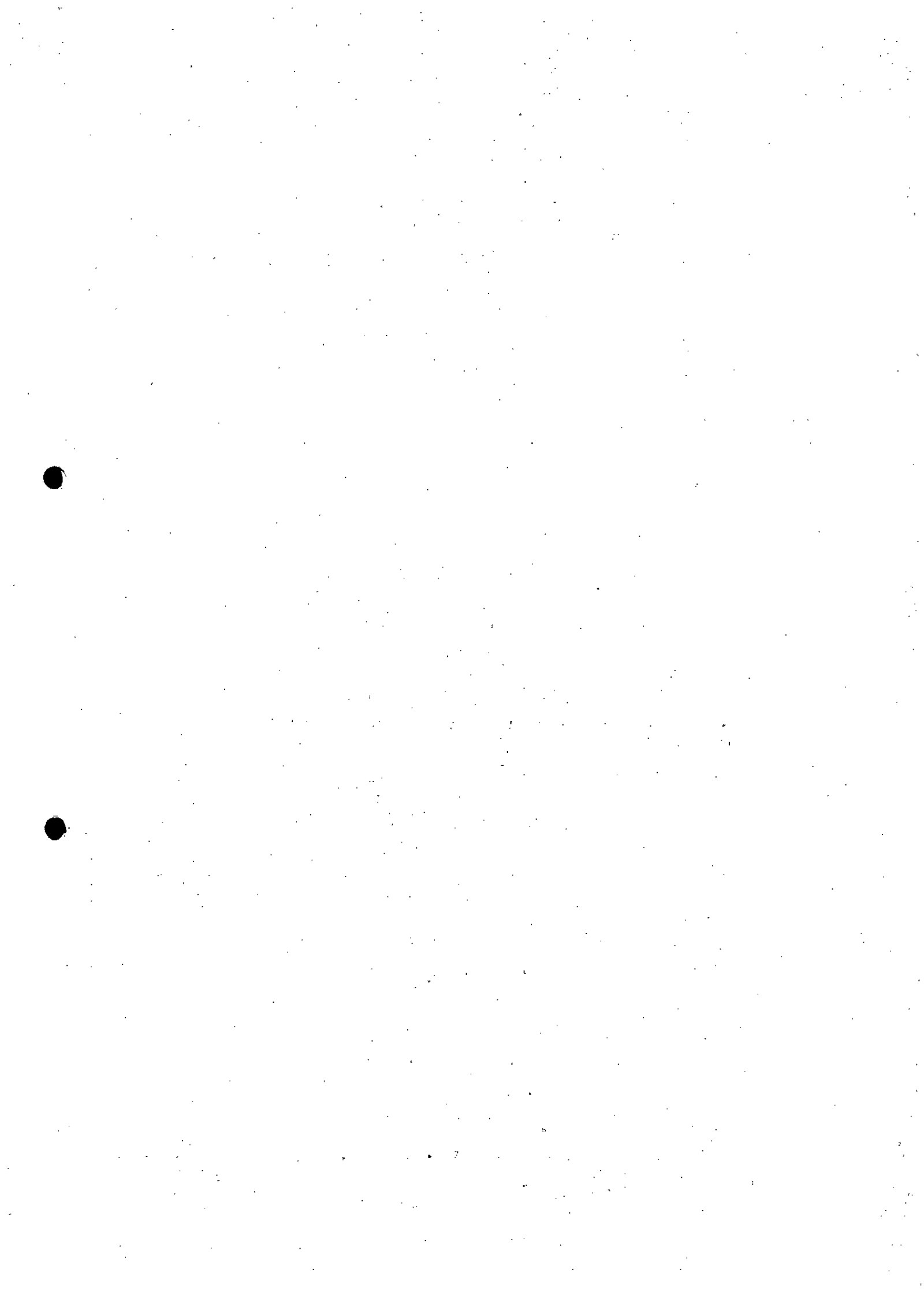


10.0 ANEXOS



ANEXO 01

MAPAS DE LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS E TOPOBATIMÉTRICOS



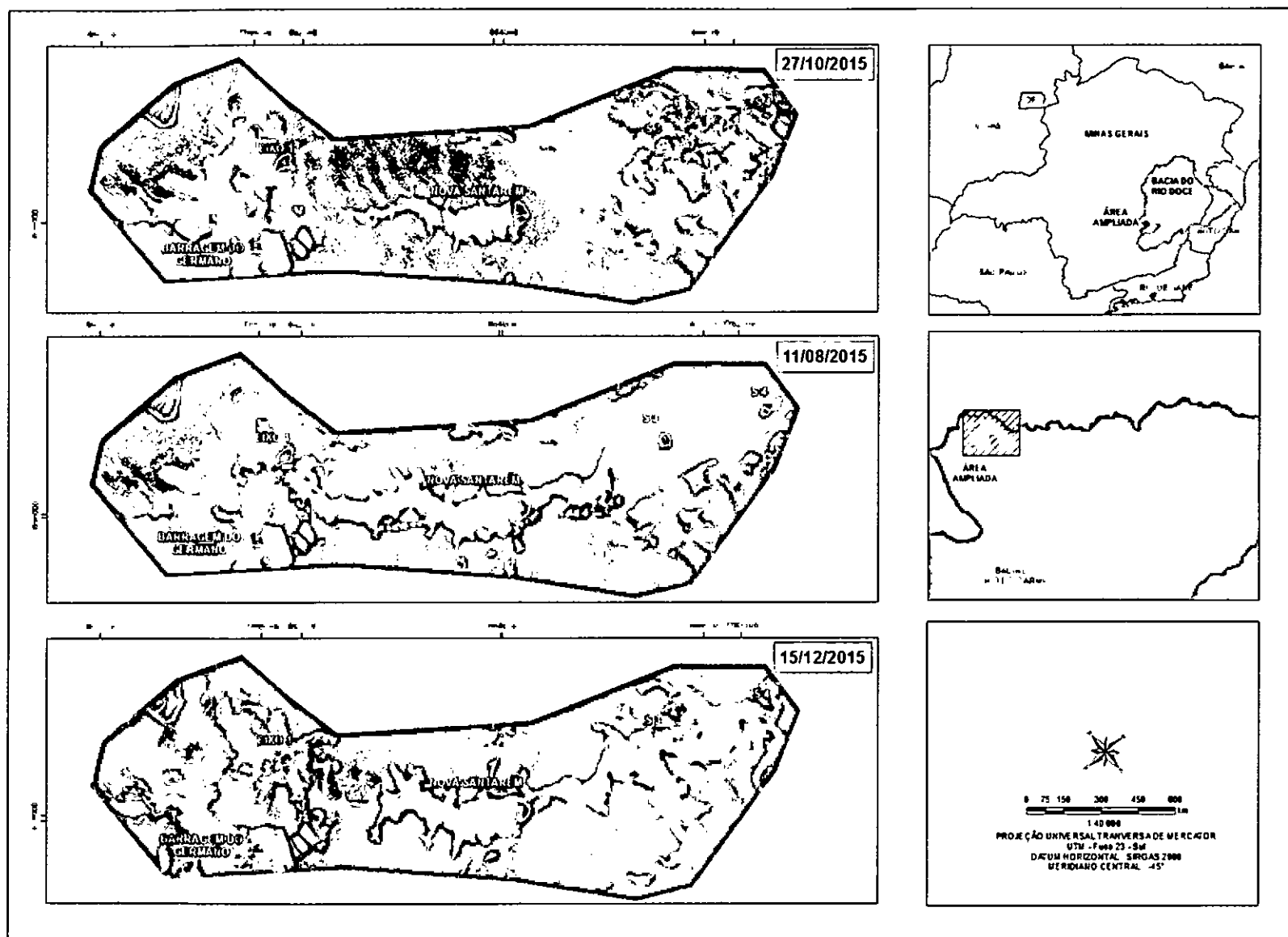
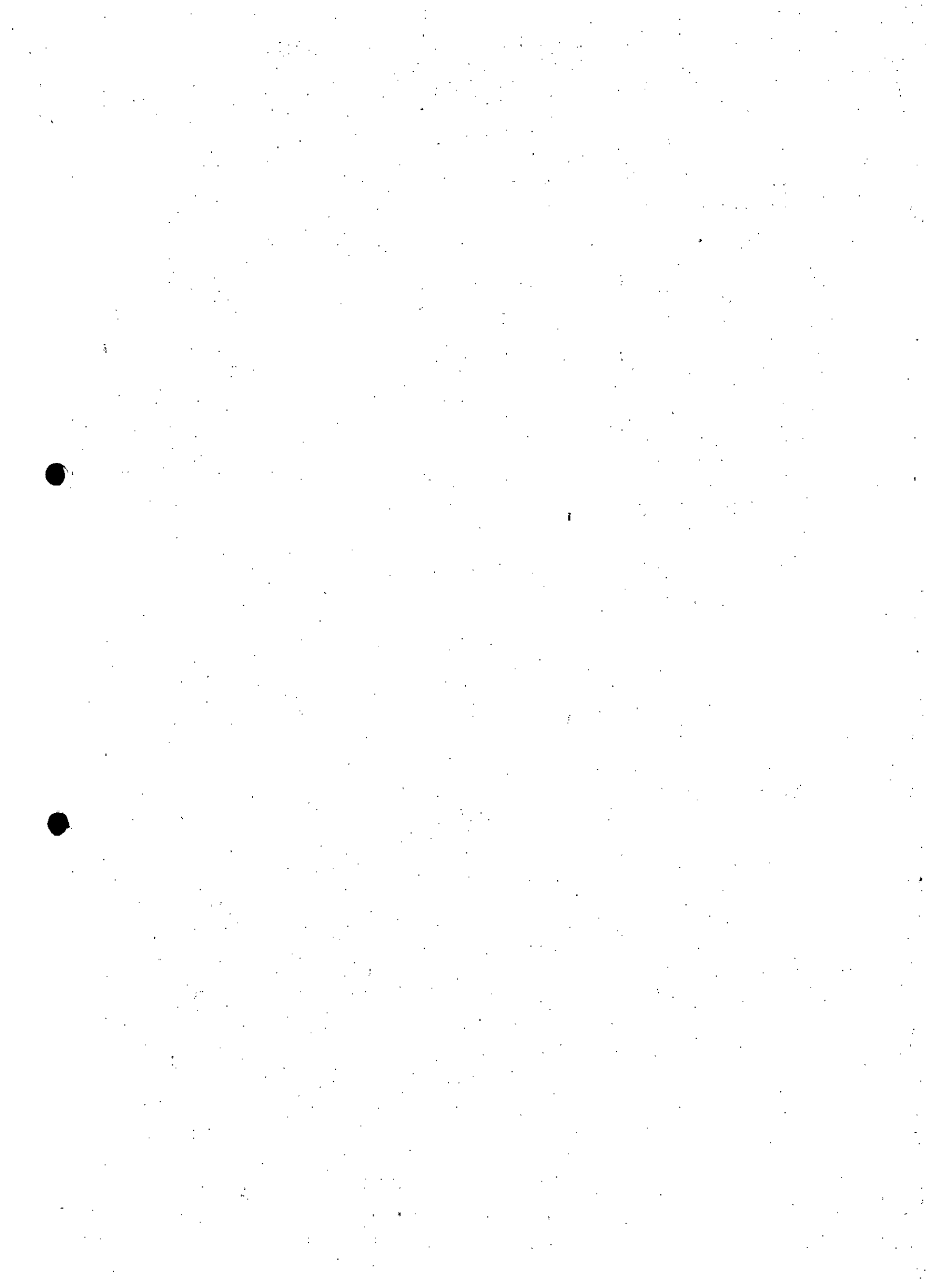


Figura A1.1 – Imagens aéreas correspondentes aos levantamentos topográficos de Germano Geral (parte 1).



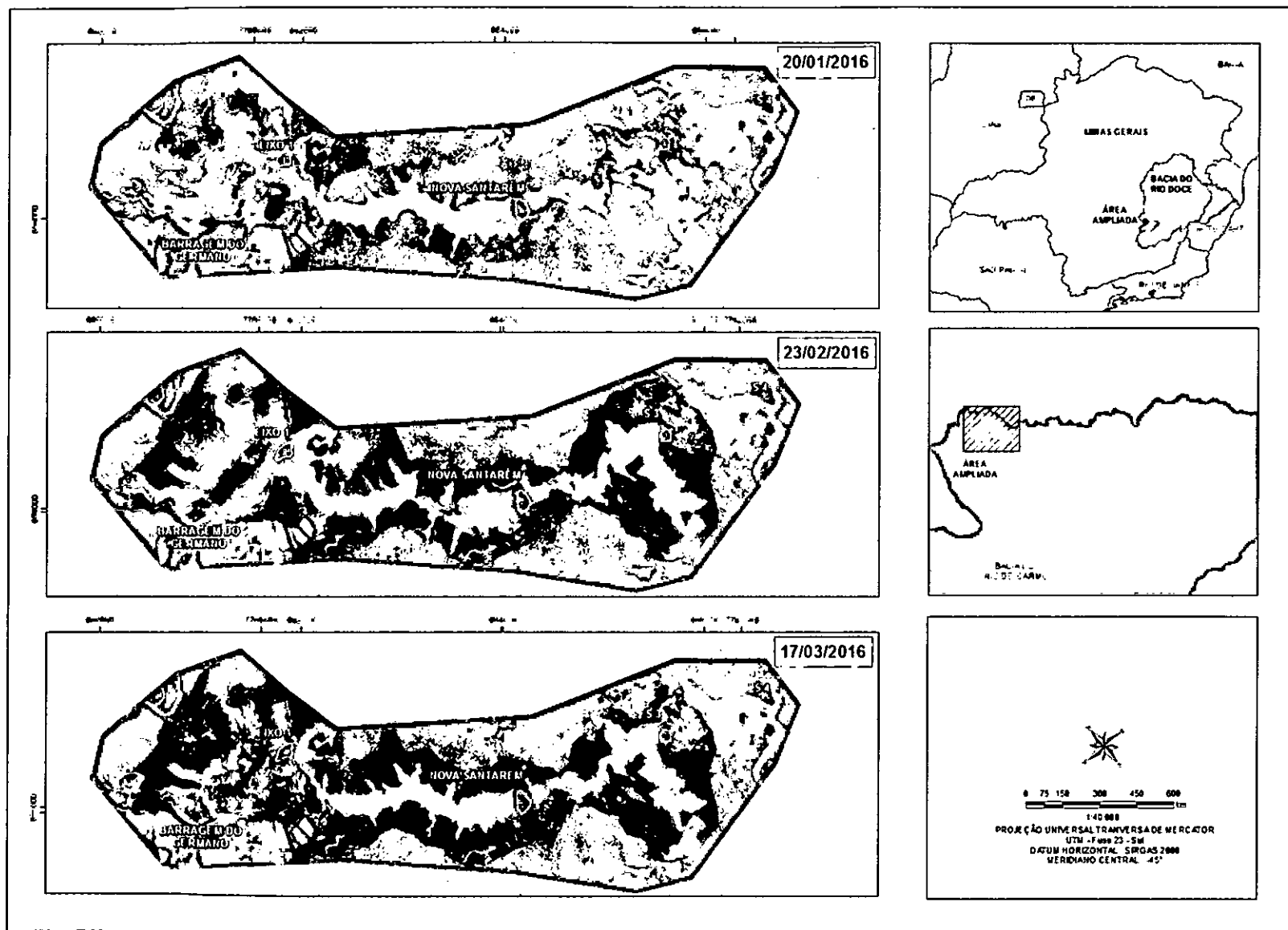
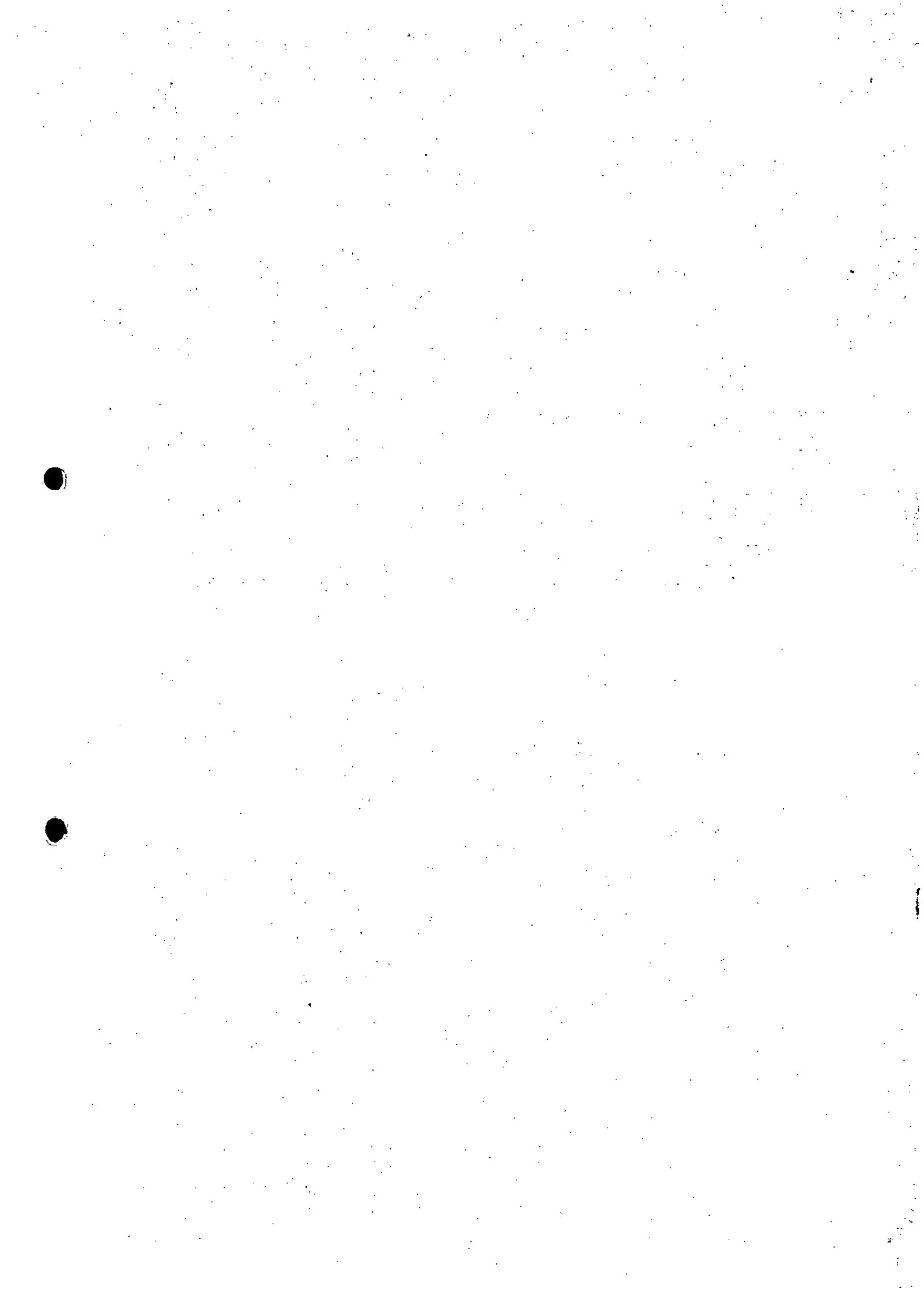


Figura A1.2 – Imagens aéreas correspondentes aos levantamentos topográficos de Germano Geral (parte 2).



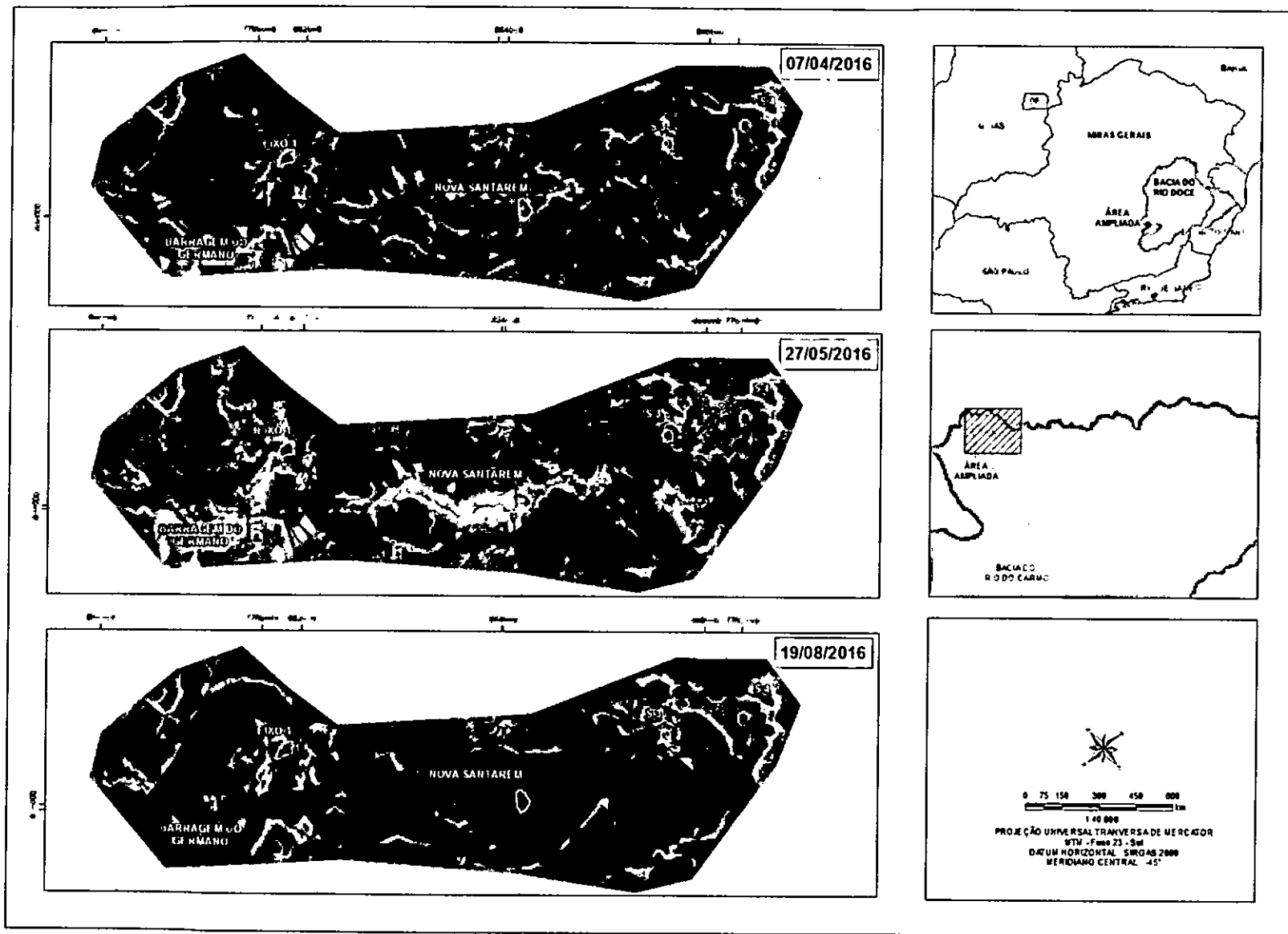
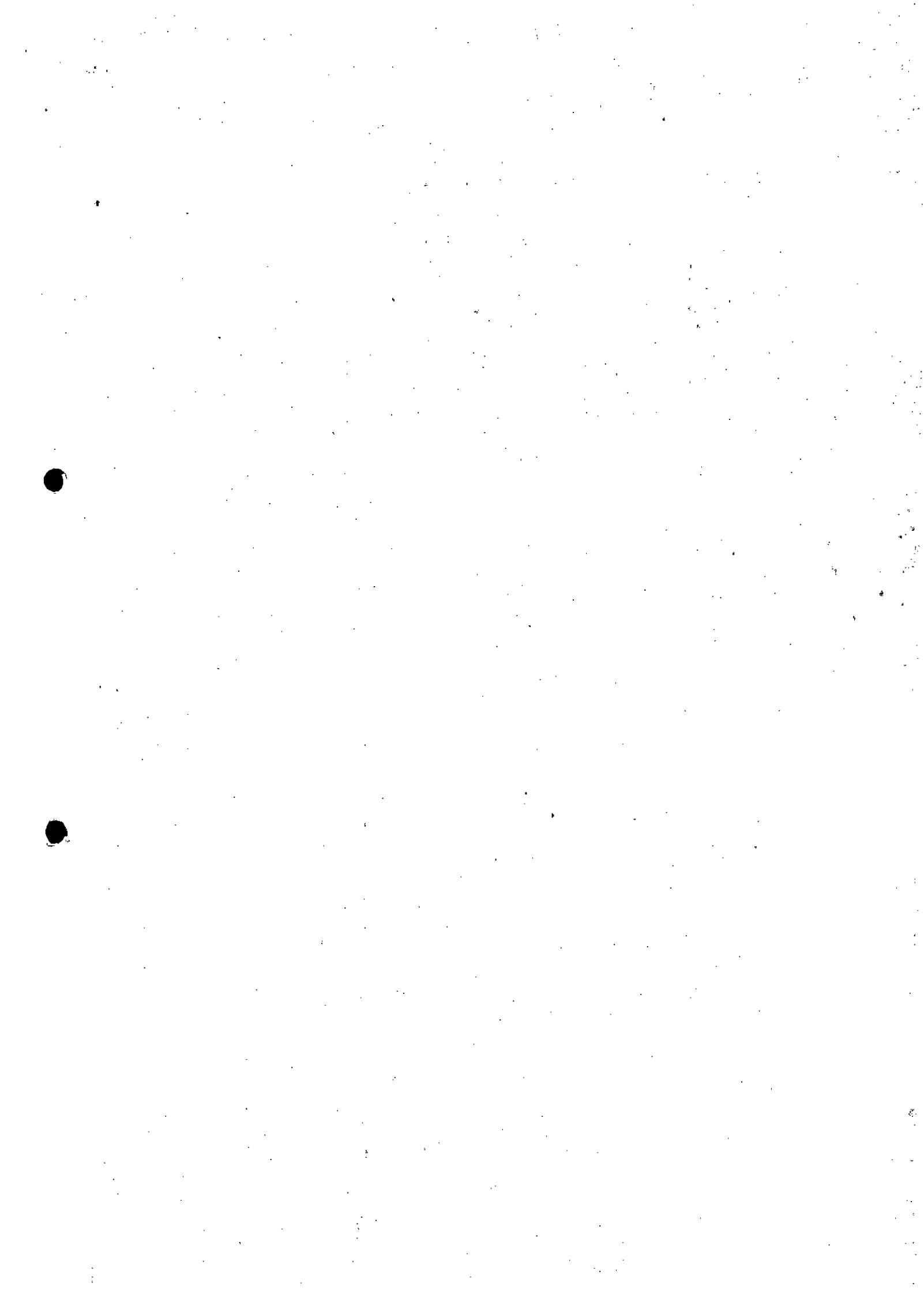


Figura A1.3 – Imagens aéreas correspondentes aos levantamentos topográficos de Germano Geral (parte 3).



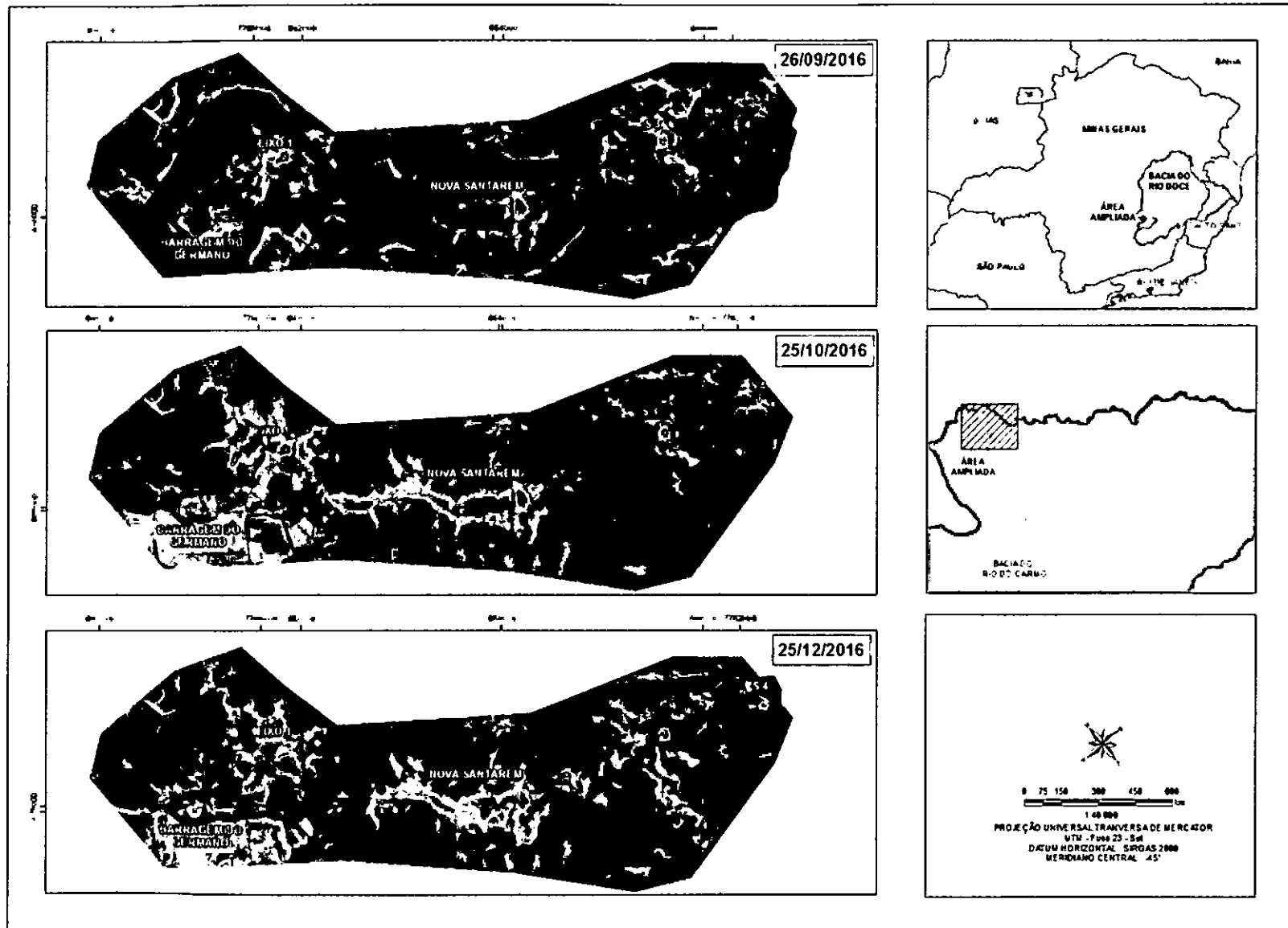
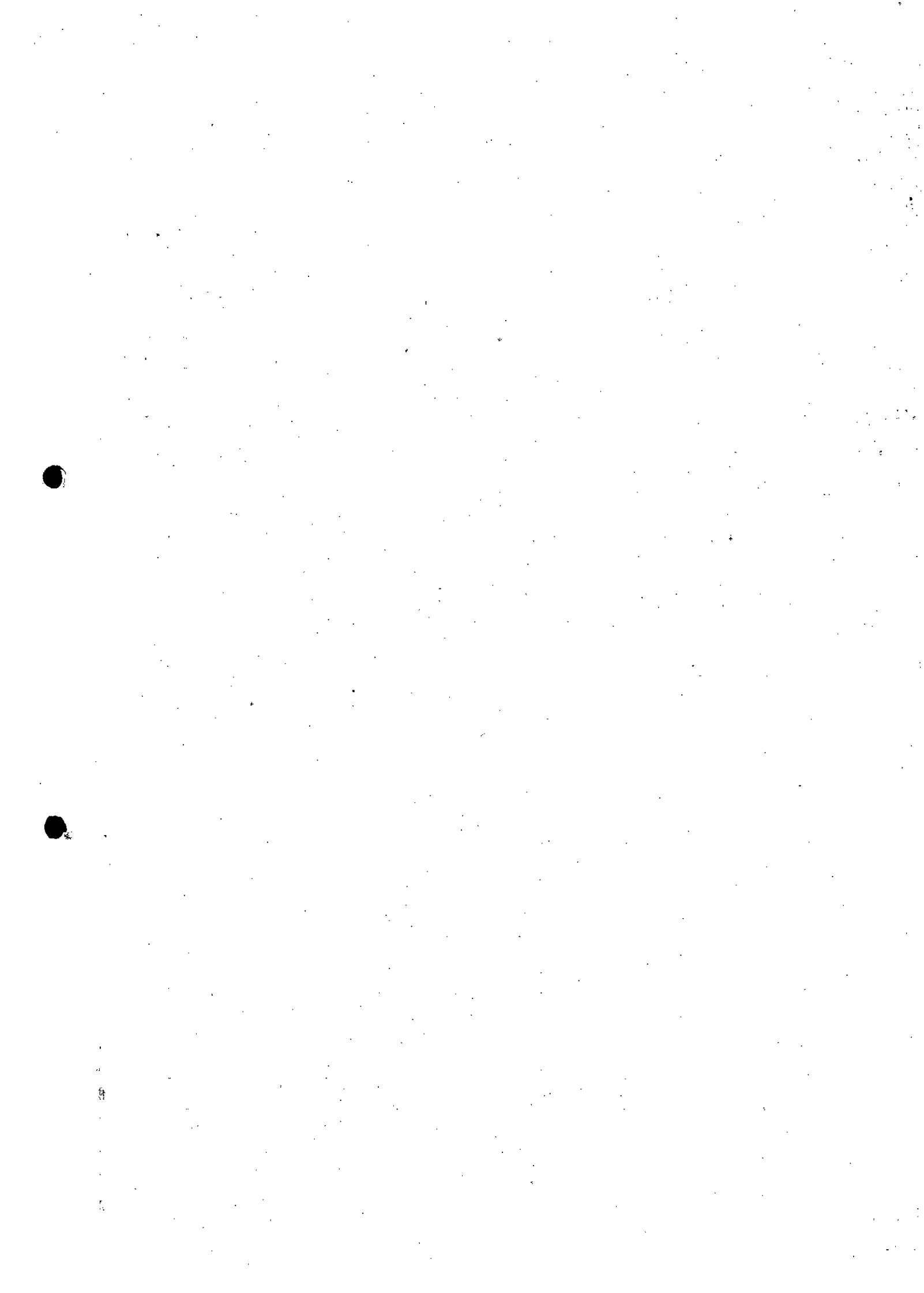


Figura A1.4 – Imagens aéreas correspondentes aos levantamentos topográficos de Germano Geral (parte 4).



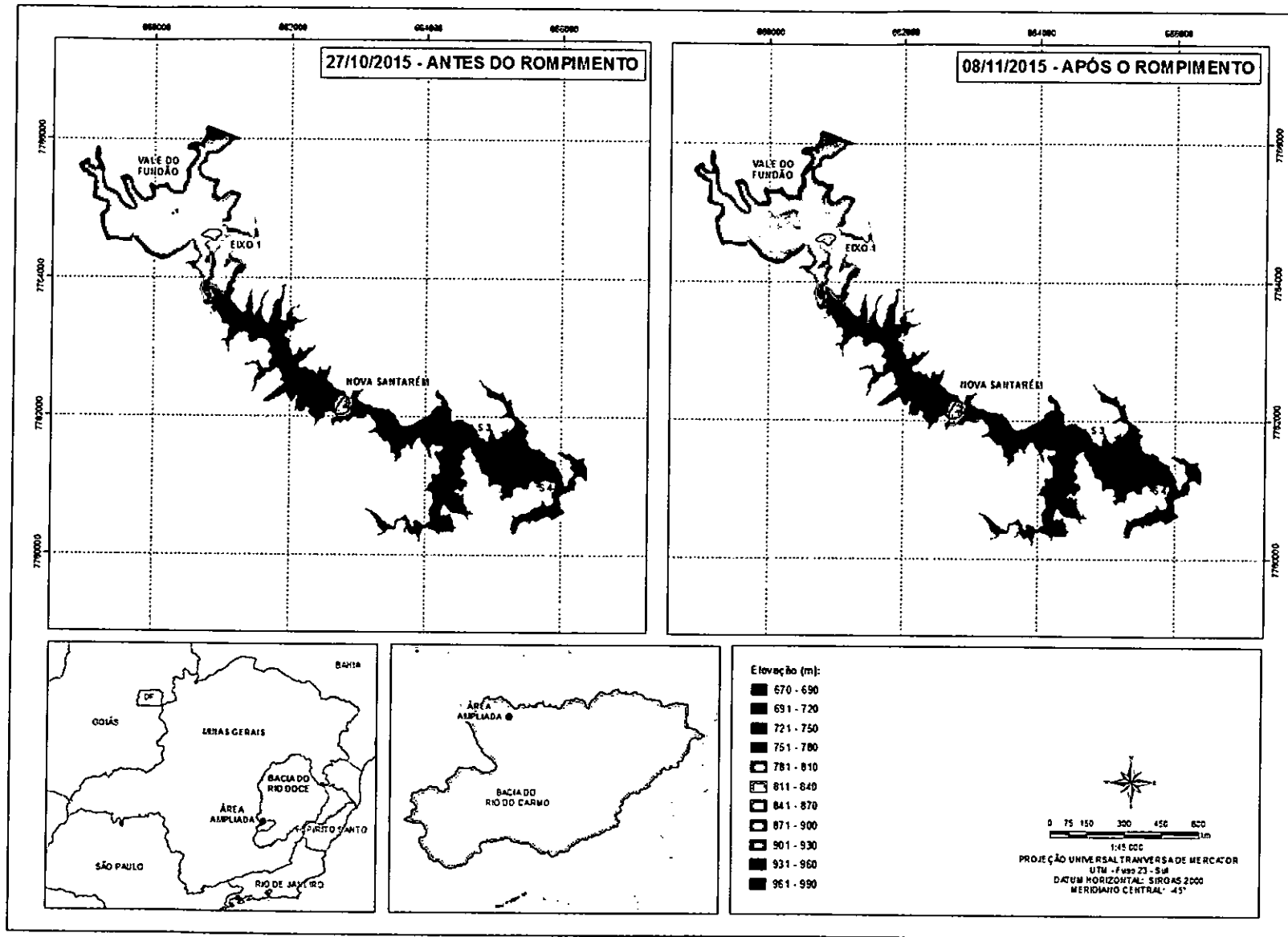
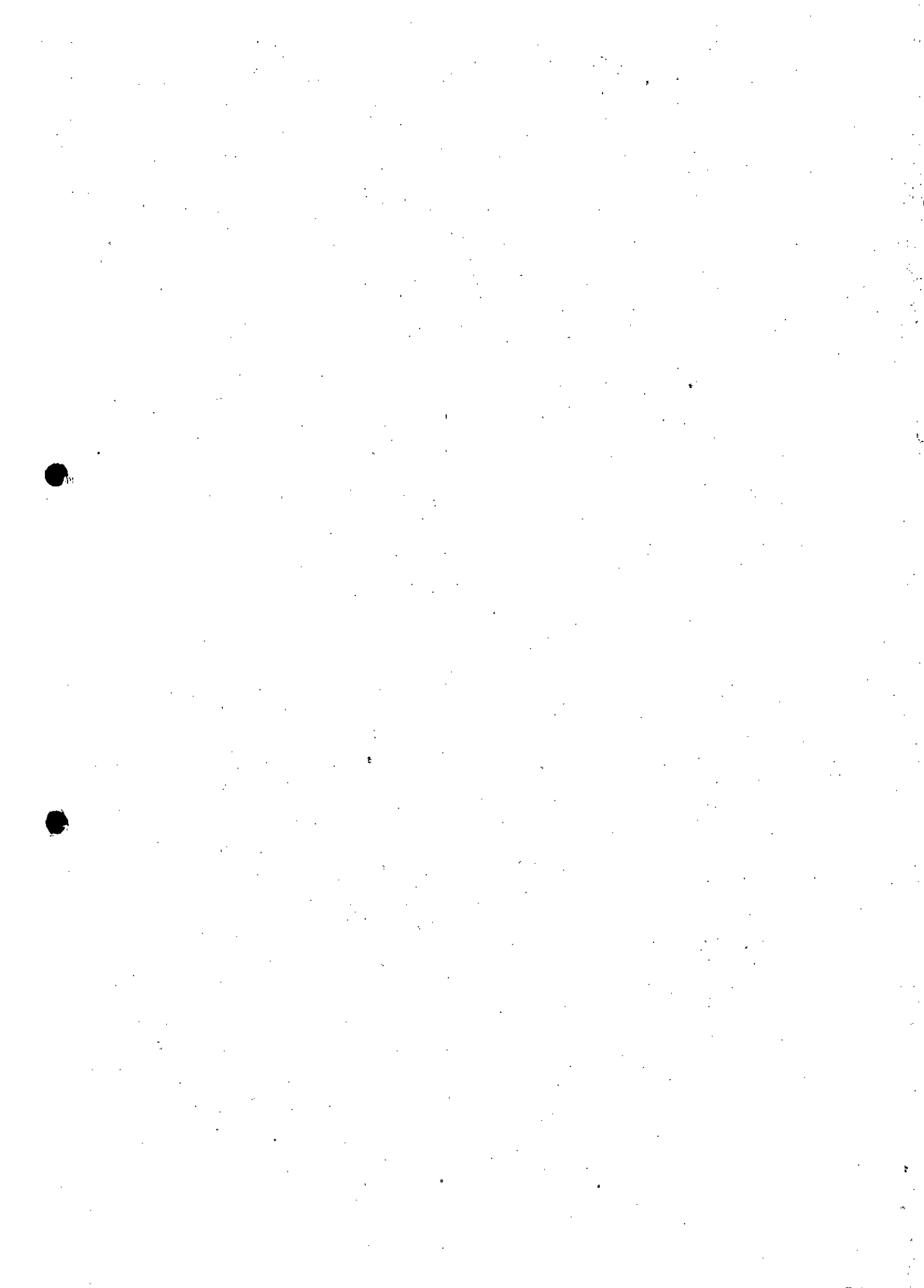


Figura A1.5 – Modelo Digital de Terreno (parte 1).



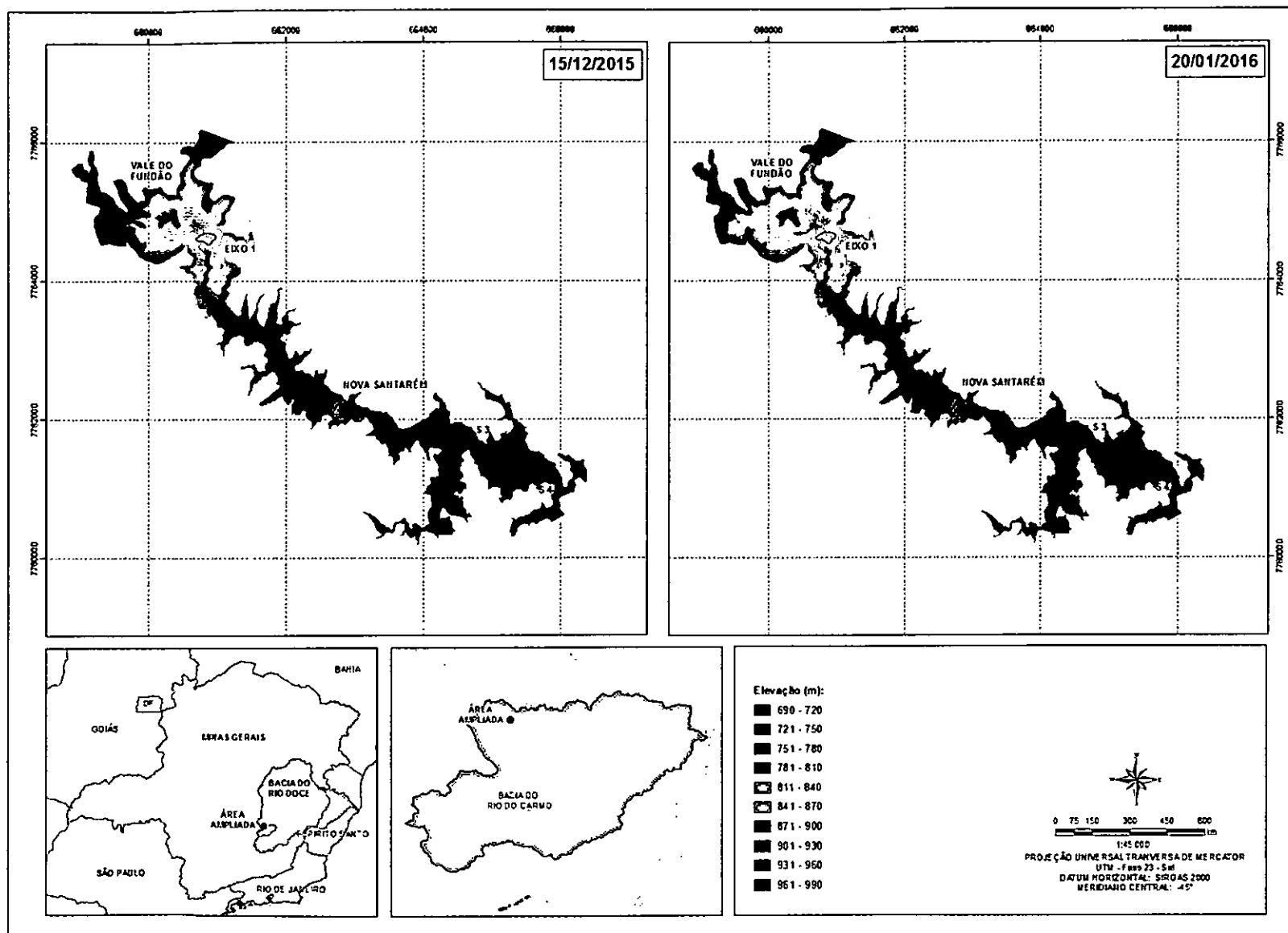


Figura A1.6 – Modelo Digital de Terreno (parte 2).

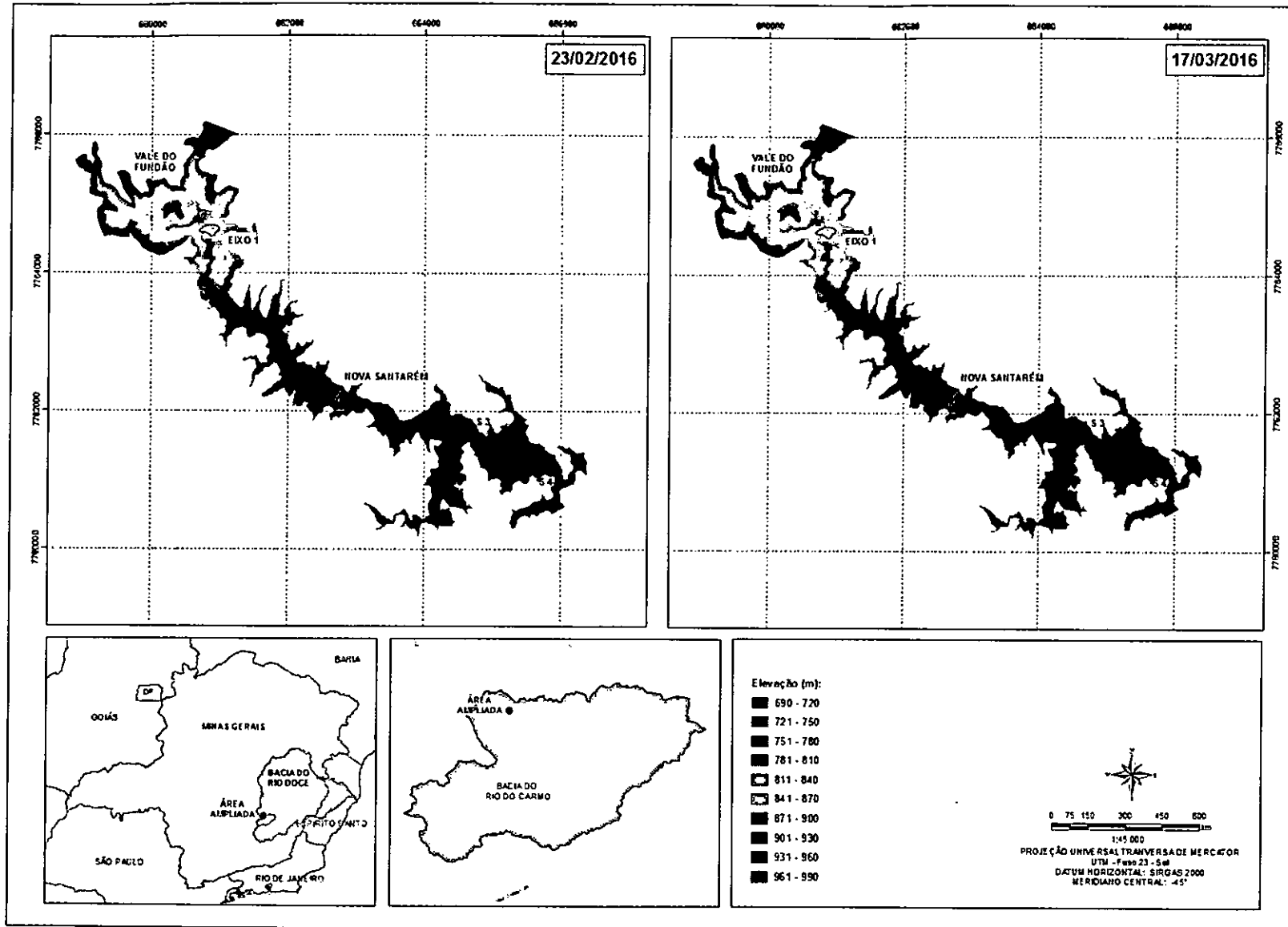
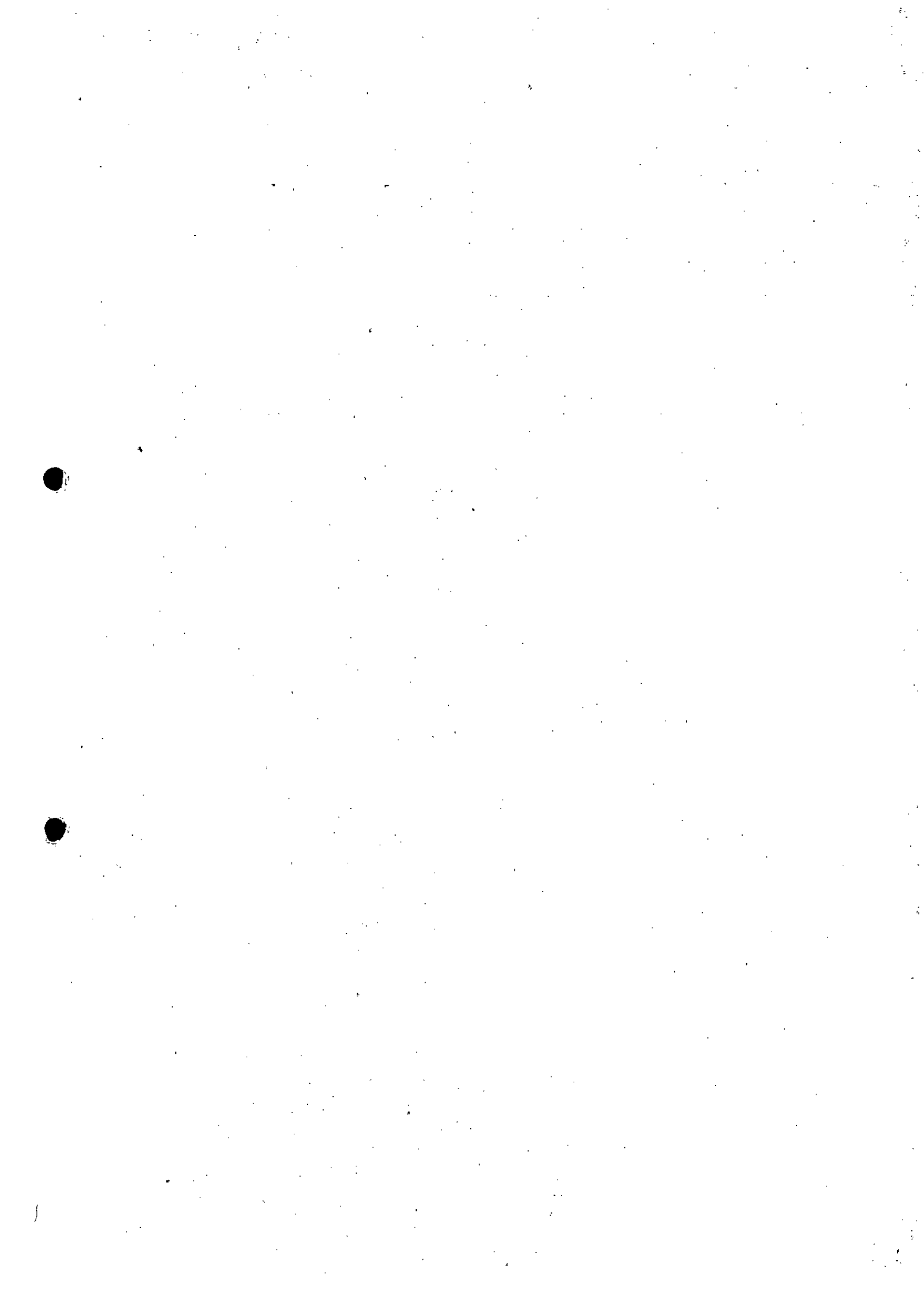


Figura A1.7 – Modelo Digital de Terreno (parte 3).



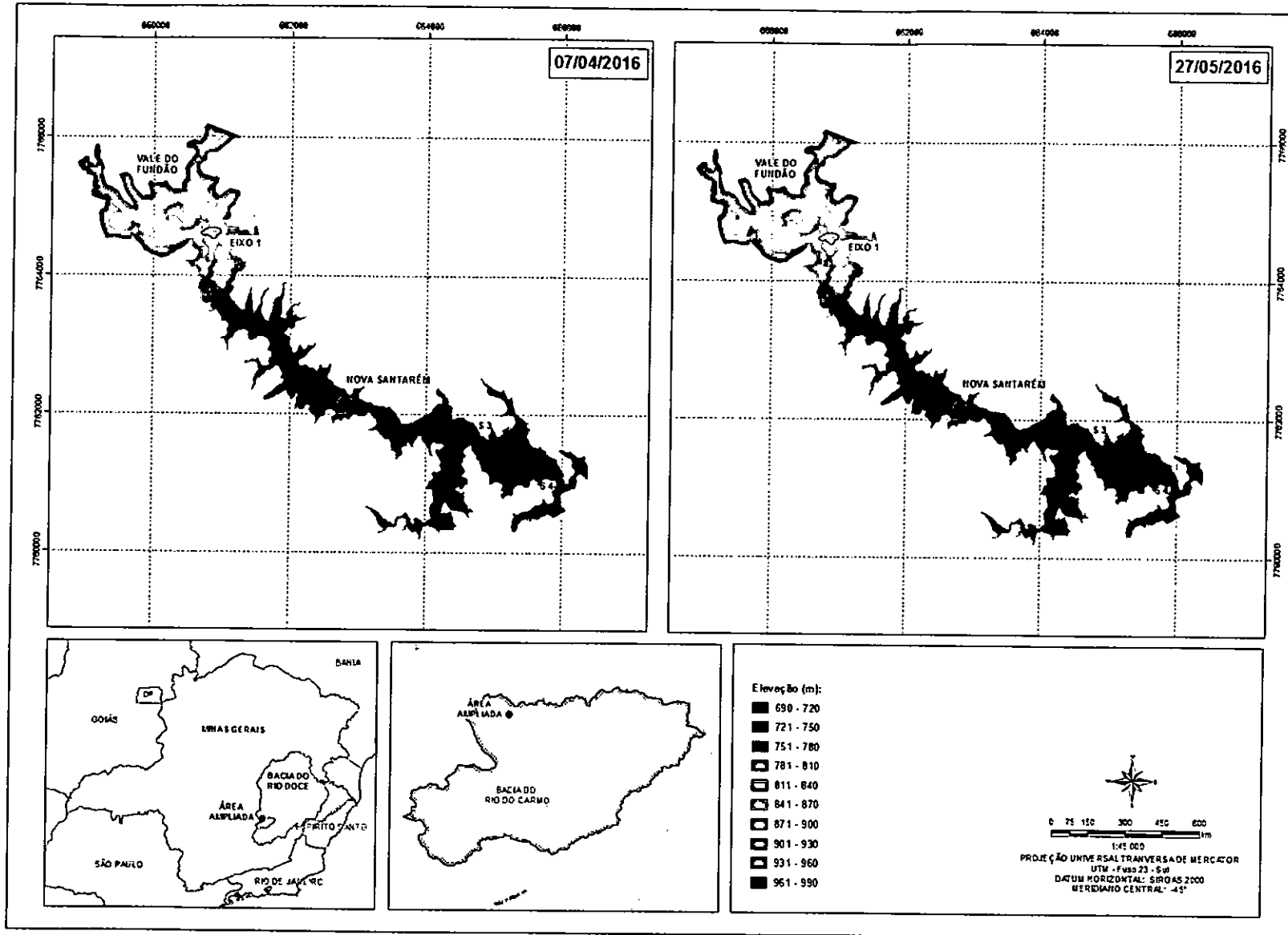
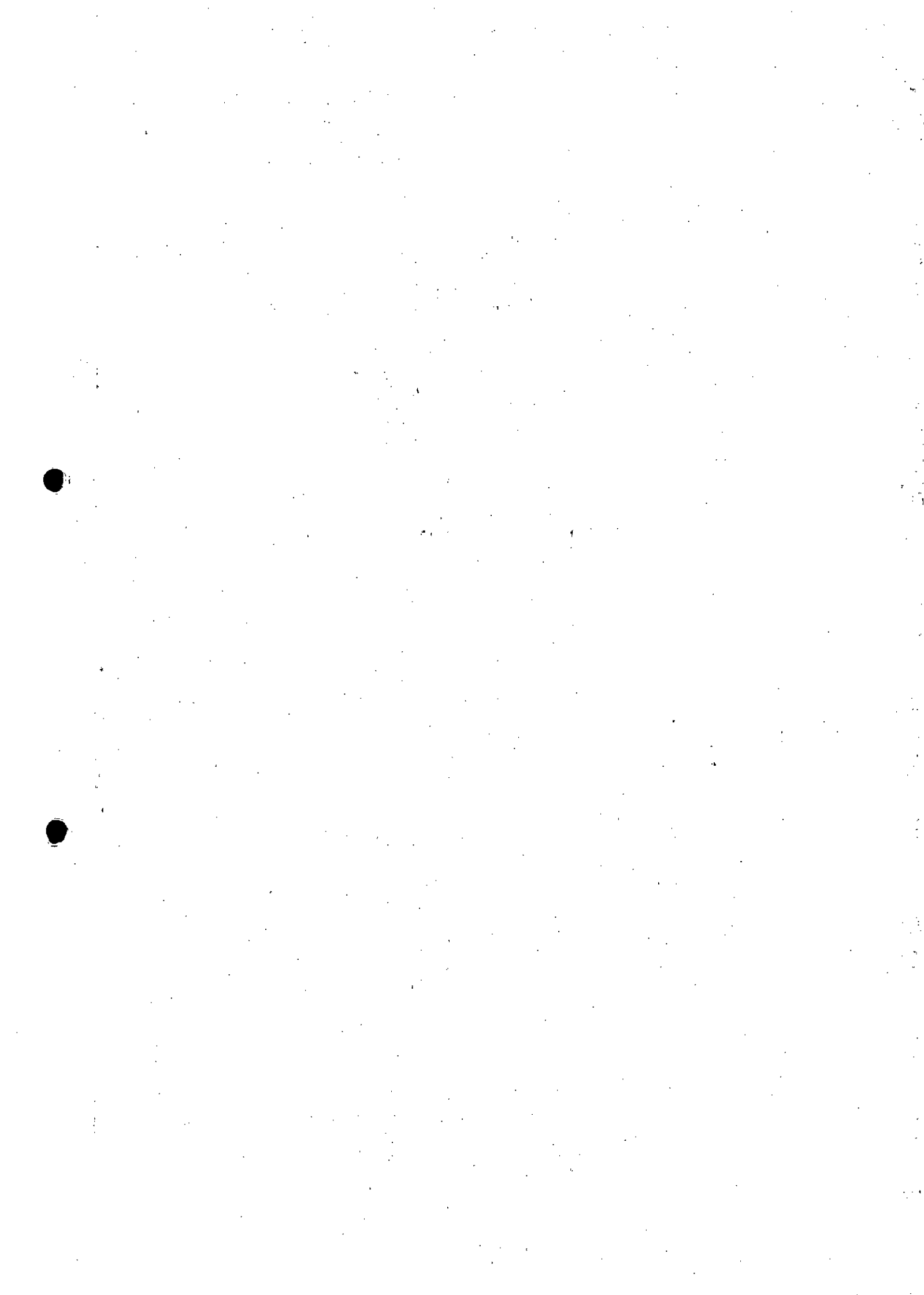


Figura A1.8 – Modelo Digital de Terreno (parte 4).



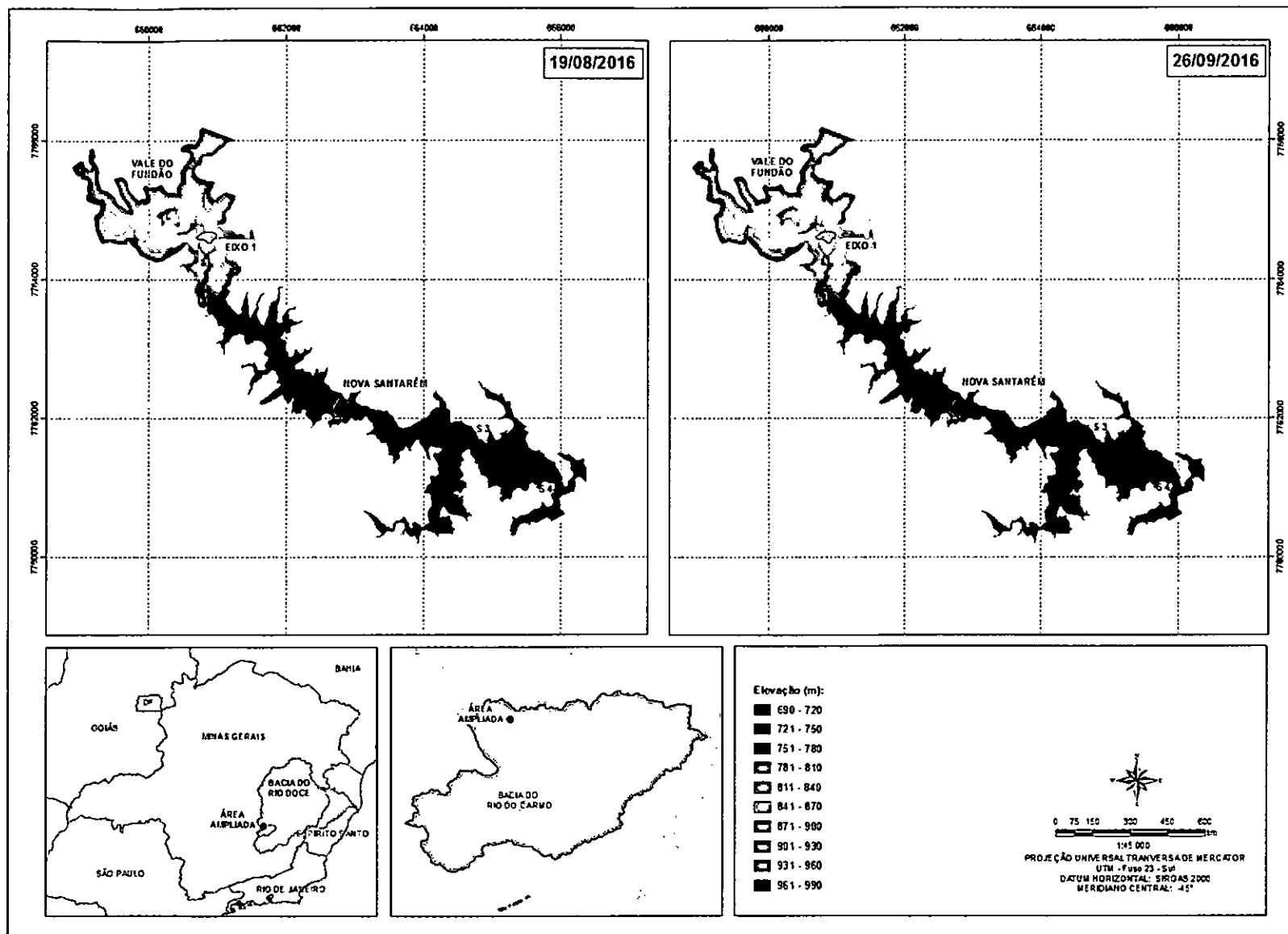
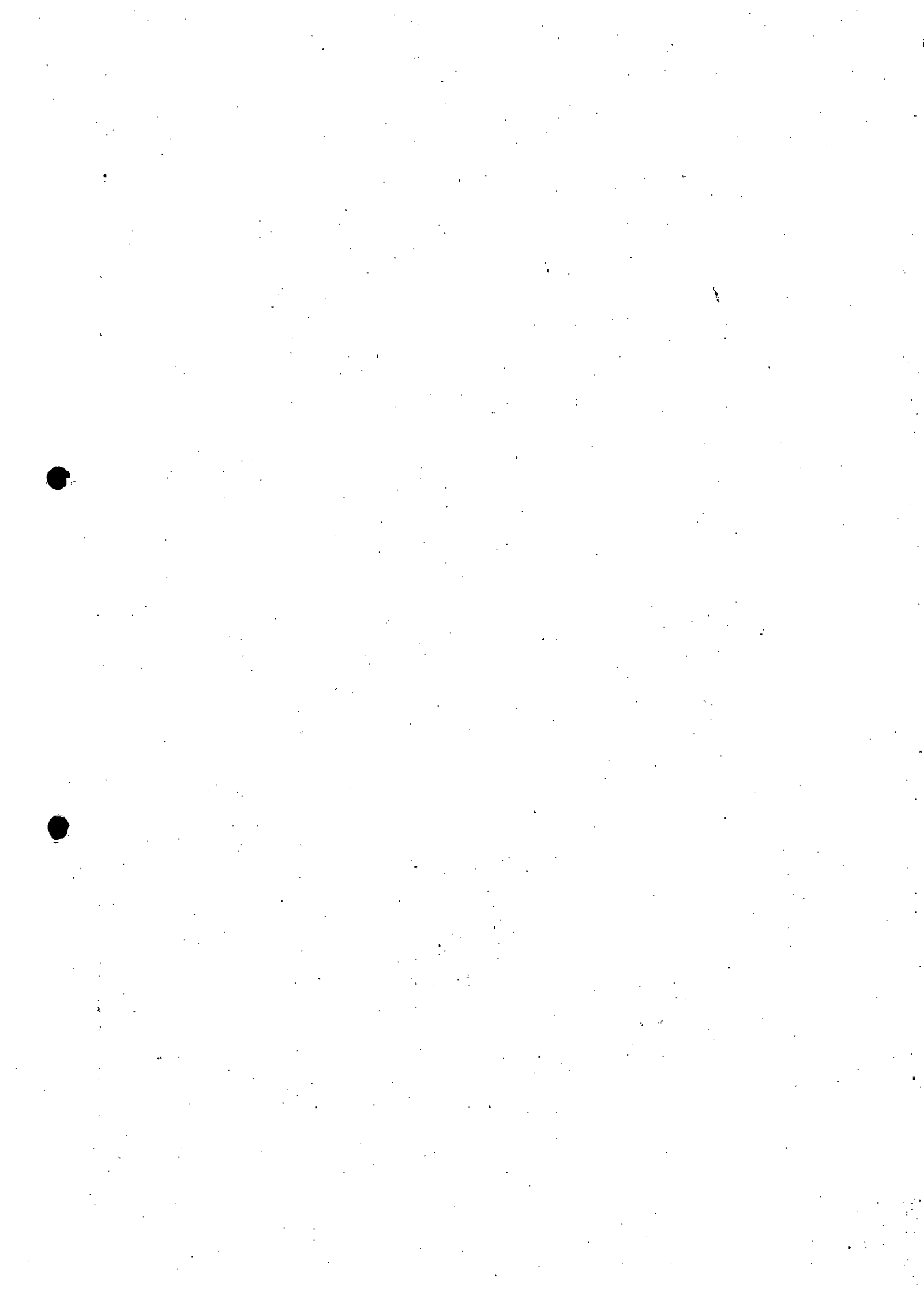
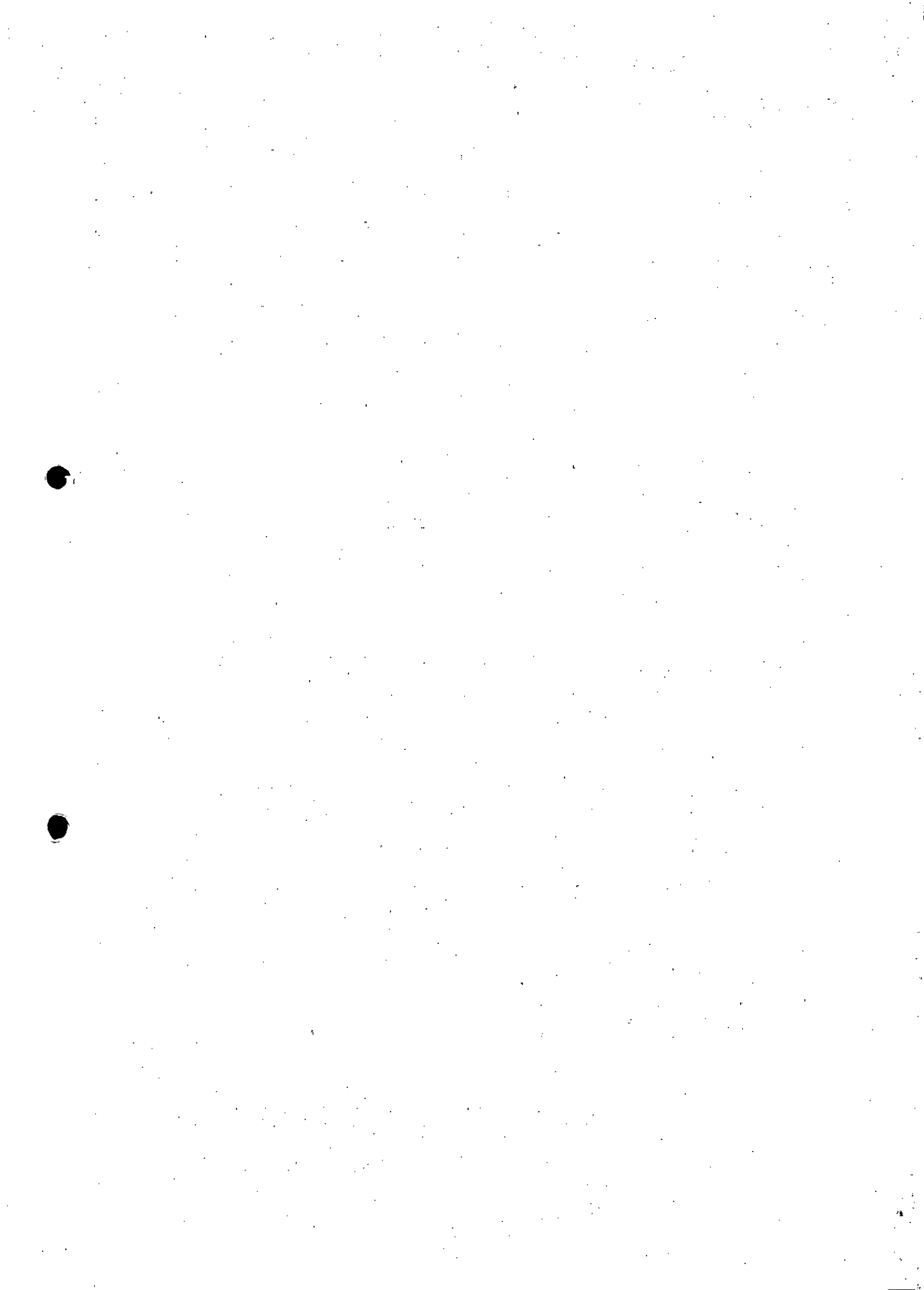


Figura A1.9 – Modelo Digital de Terreno (parte 5).





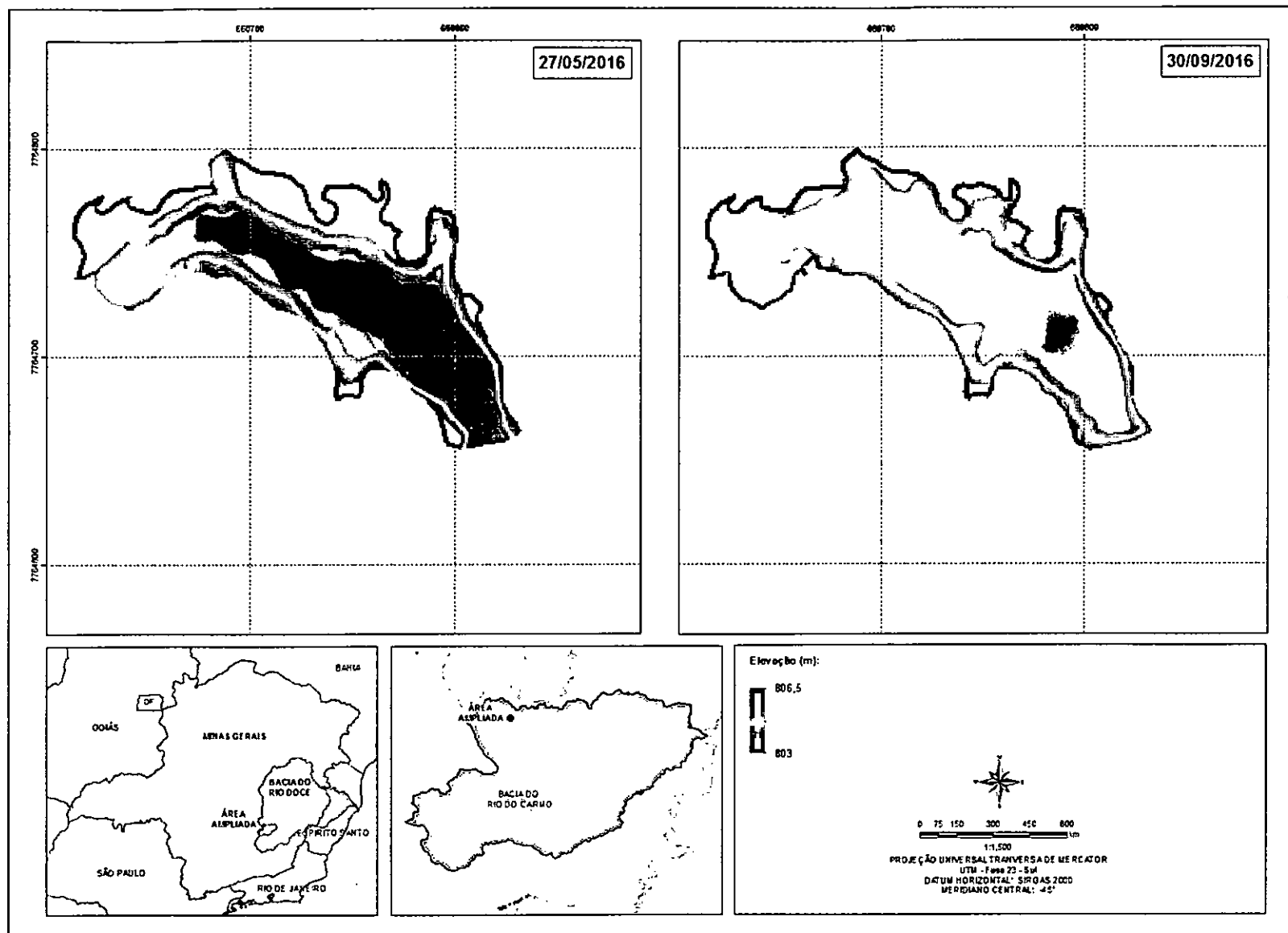
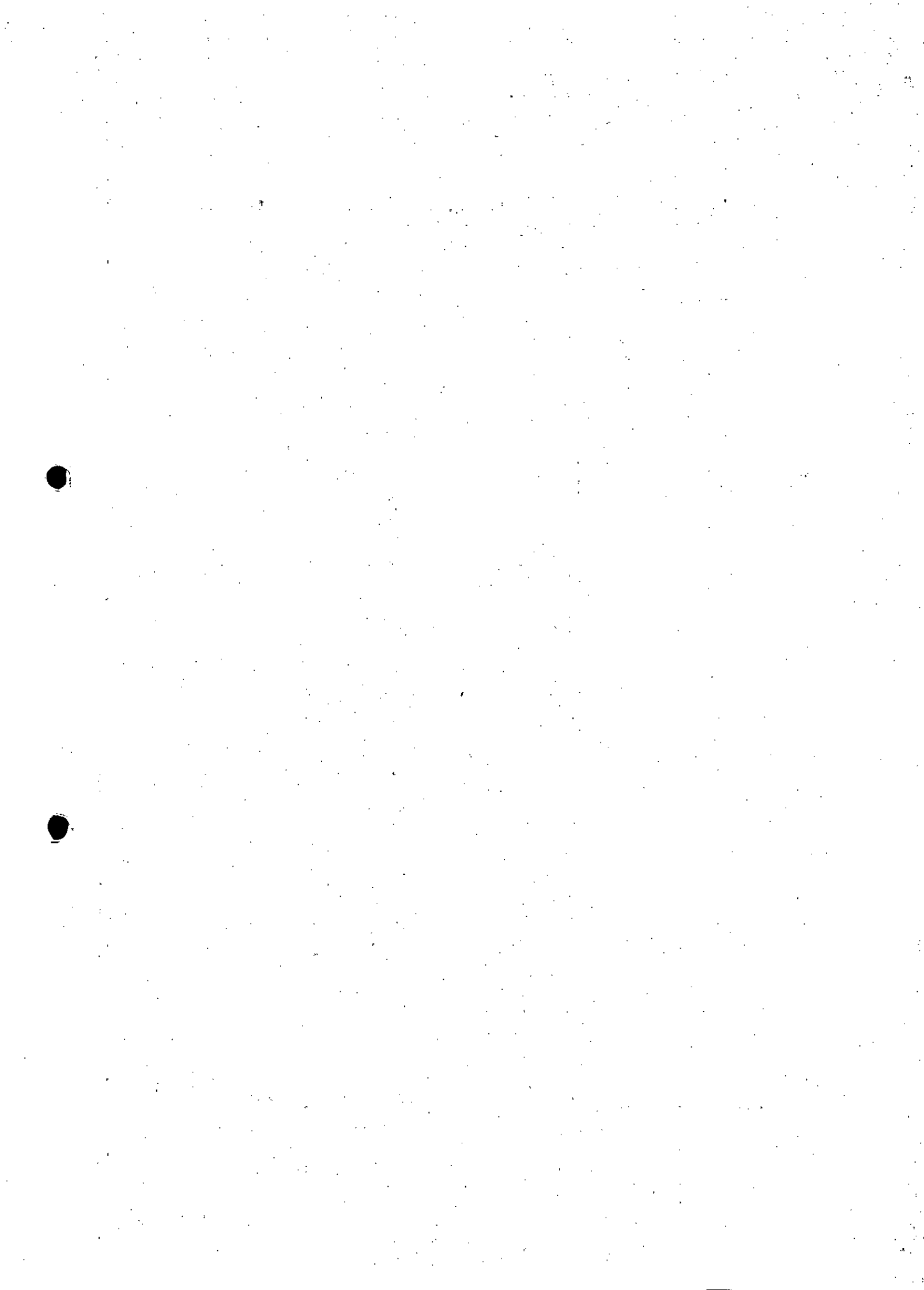


Figura A1.11 – Levantamentos topobatimétricos referentes ao Dique Eixo 1.



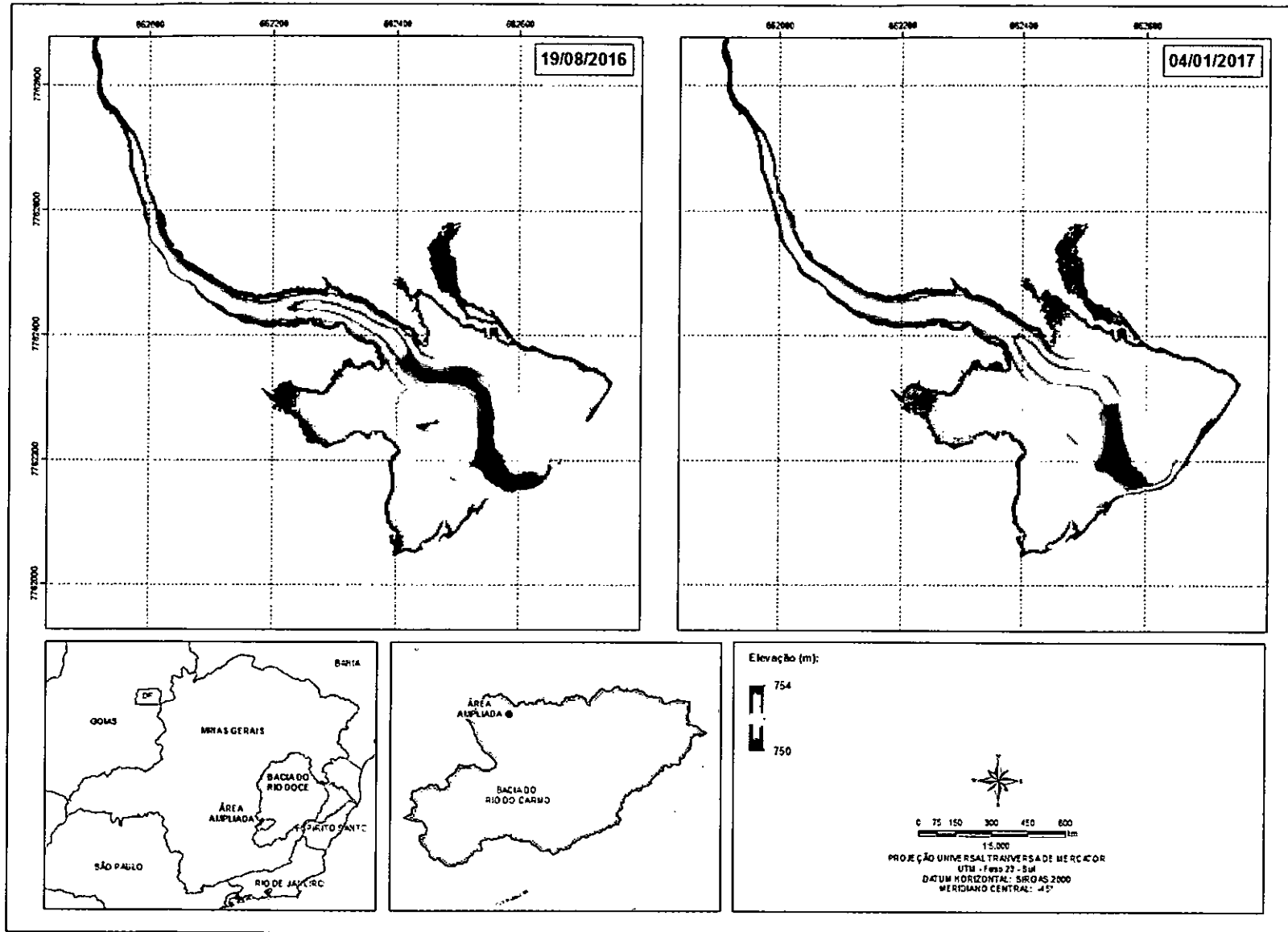
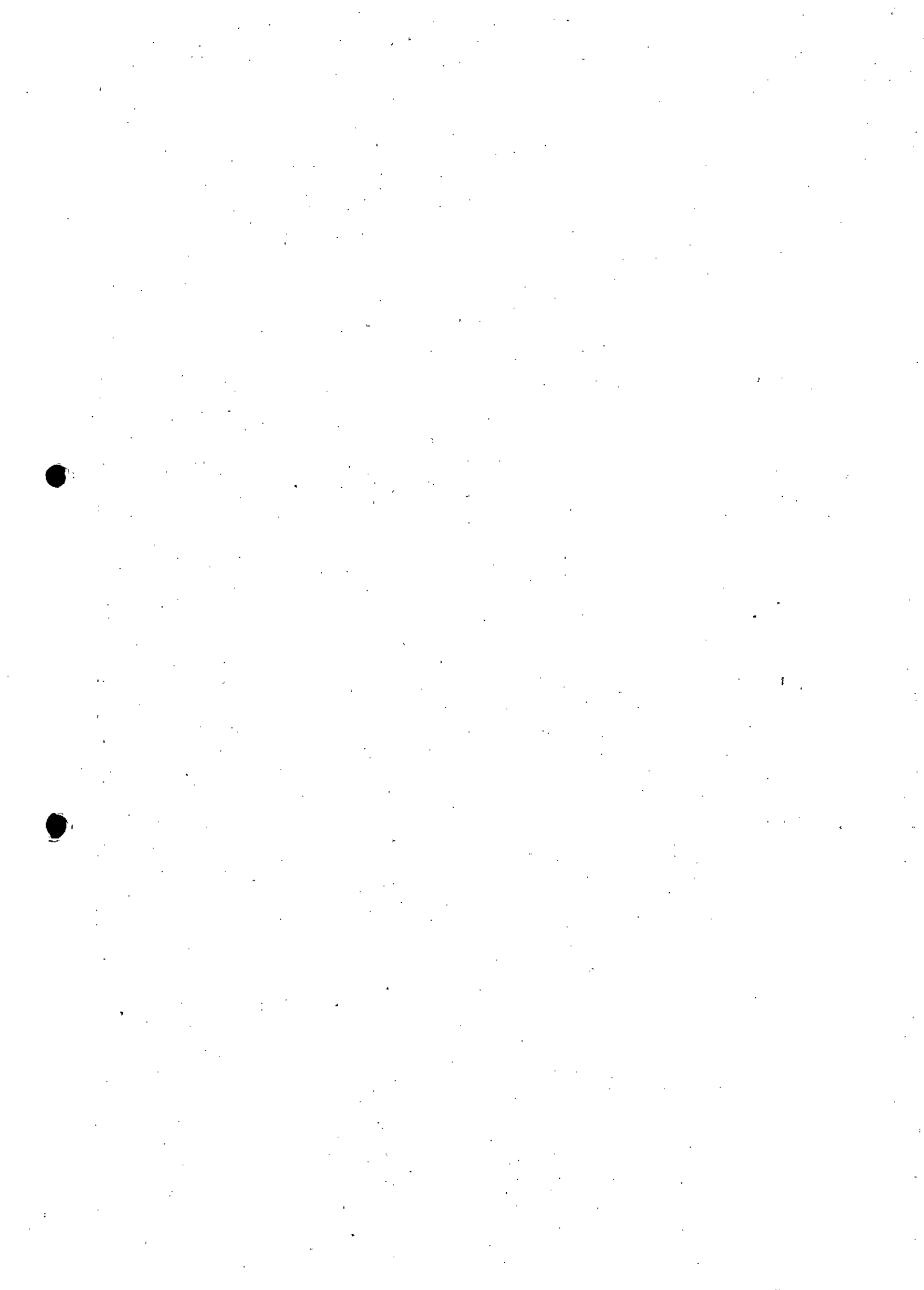


Figura A1.12 – Levantamentos topobatimétricos referentes à Barragem Nova Santarém.



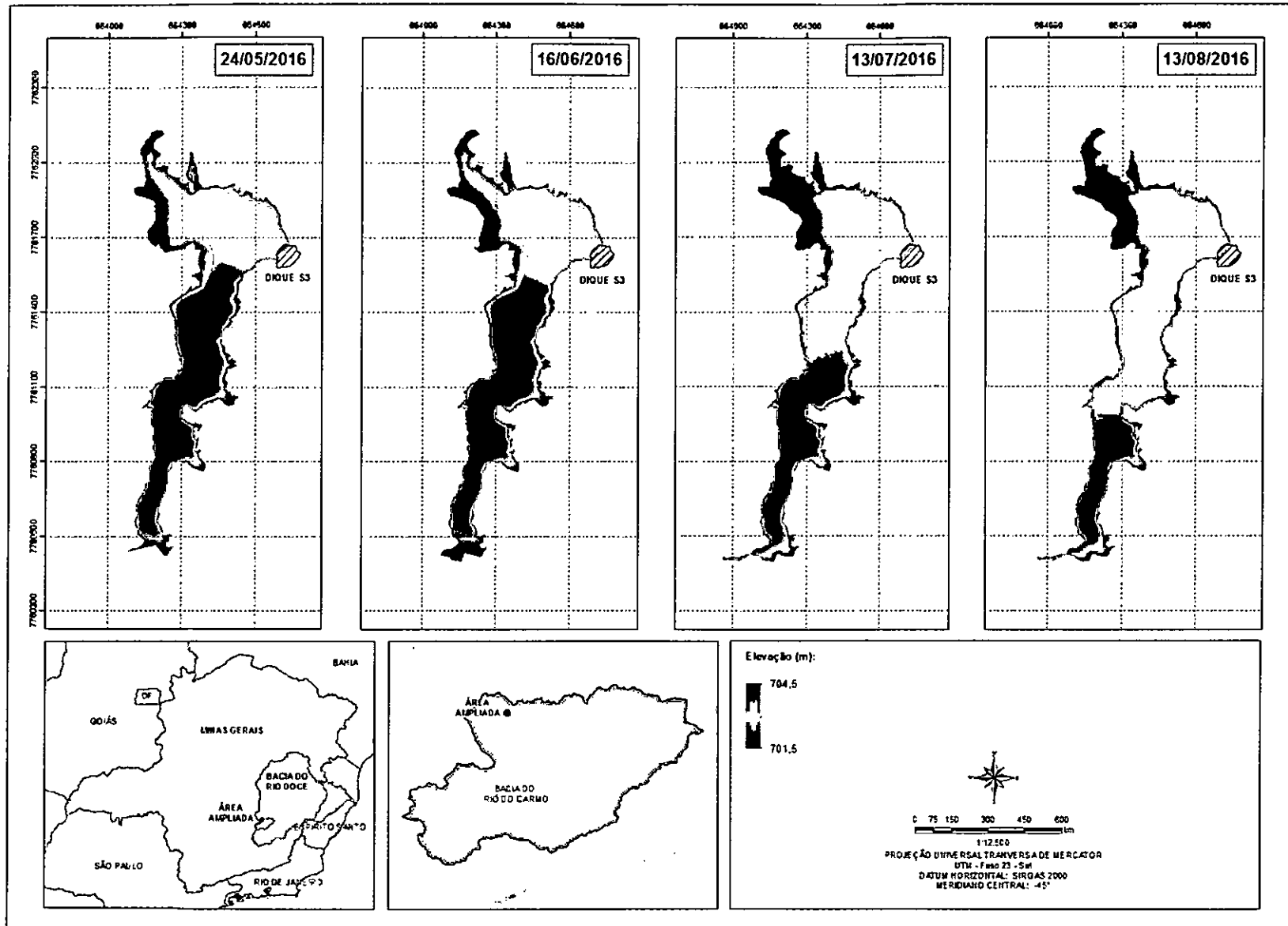
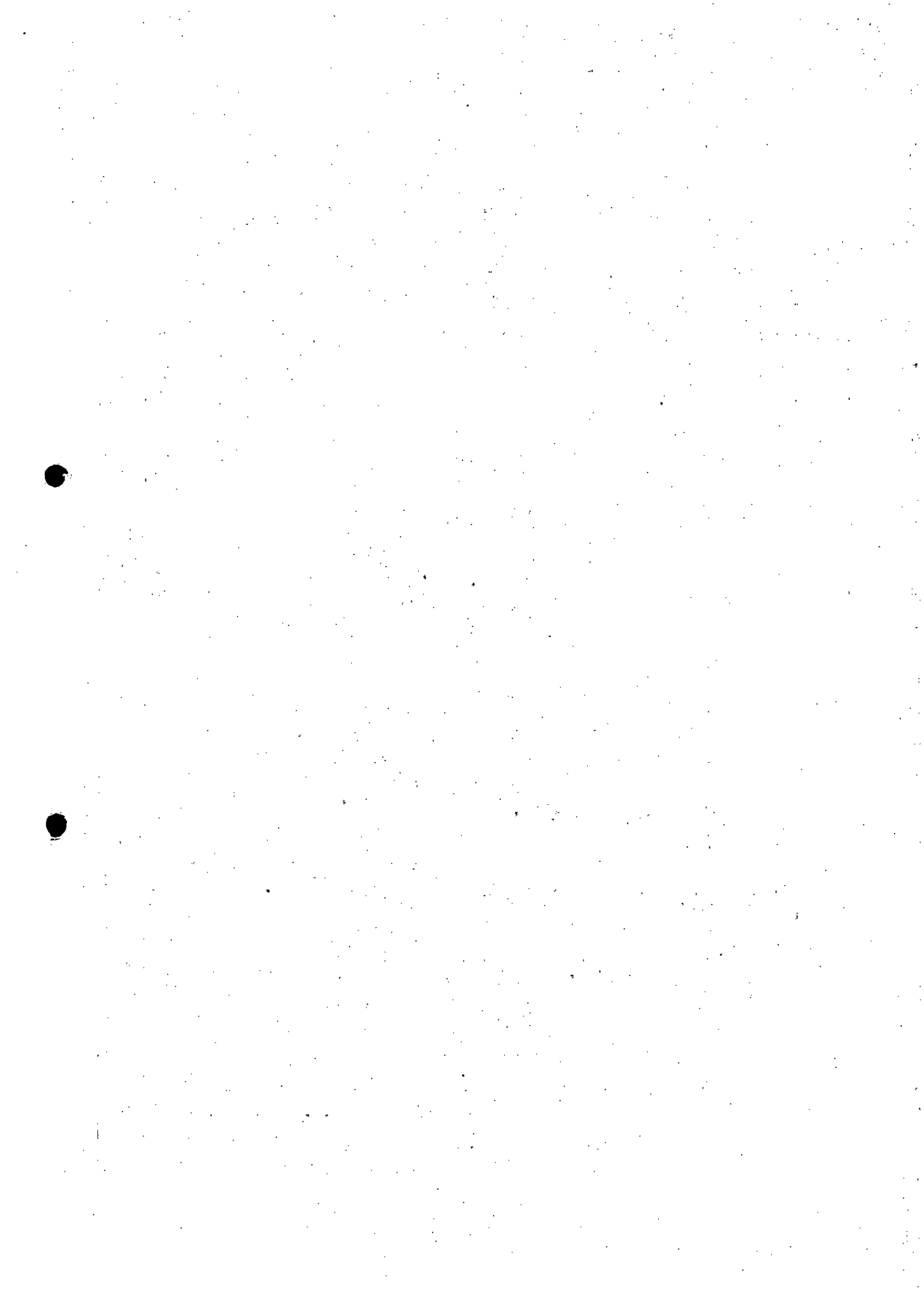


Figura A1.13 – Levantamentos topobatimétricos referentes ao Dique S3 (parte 1).



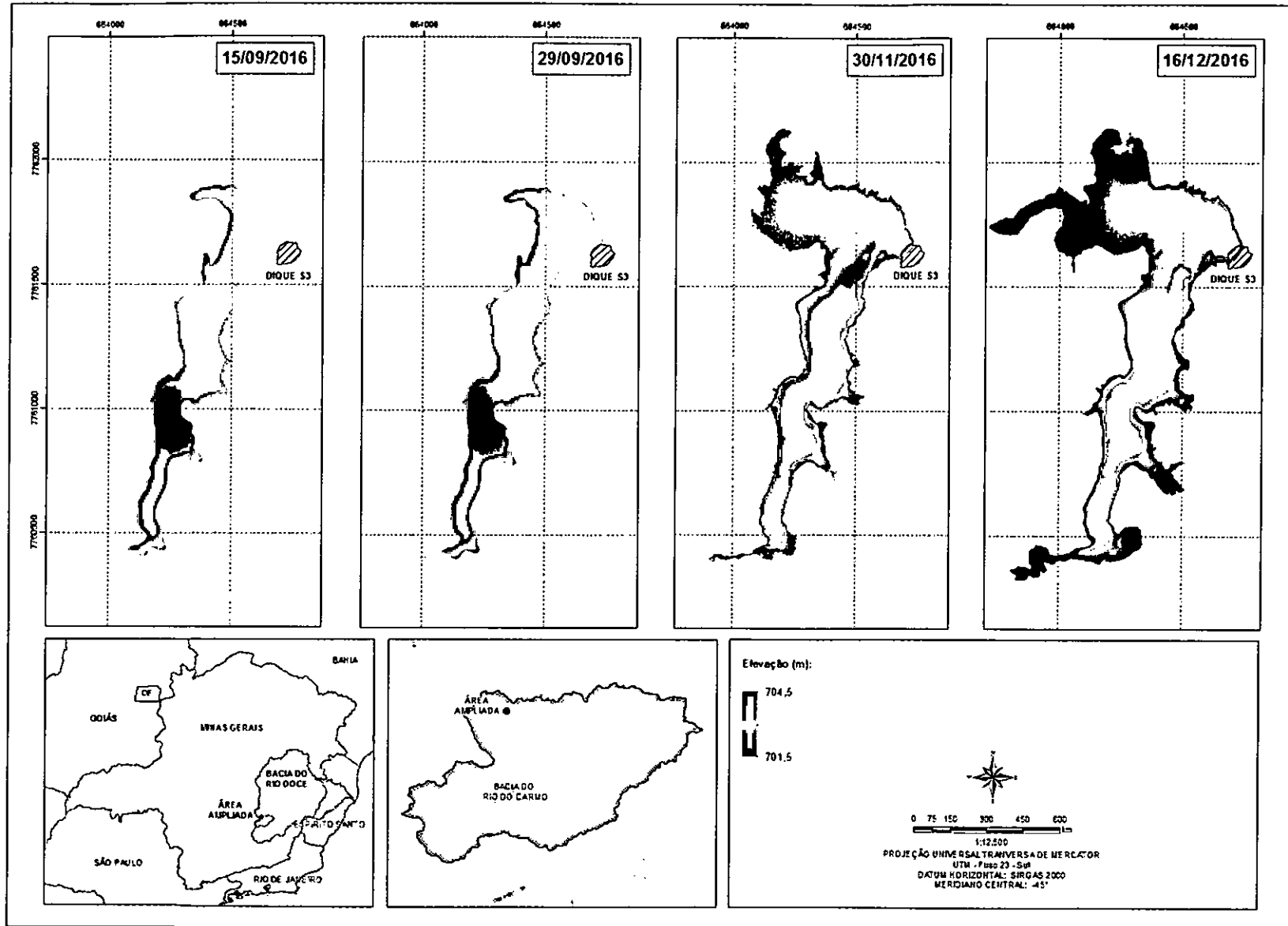
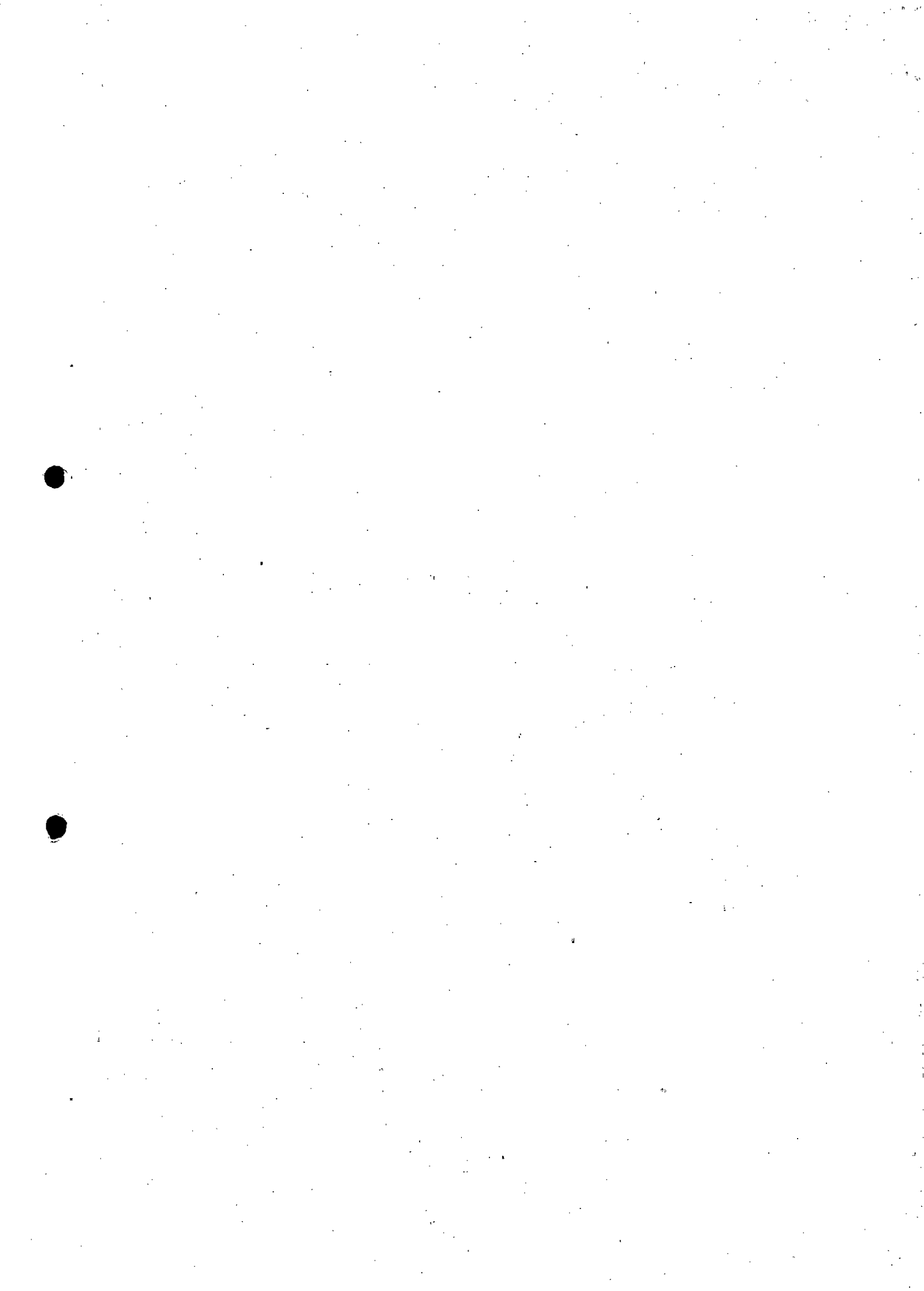


Figura A1.14 – Levantamentos topobatimétricos referentes ao Dique S3 (parte 2).



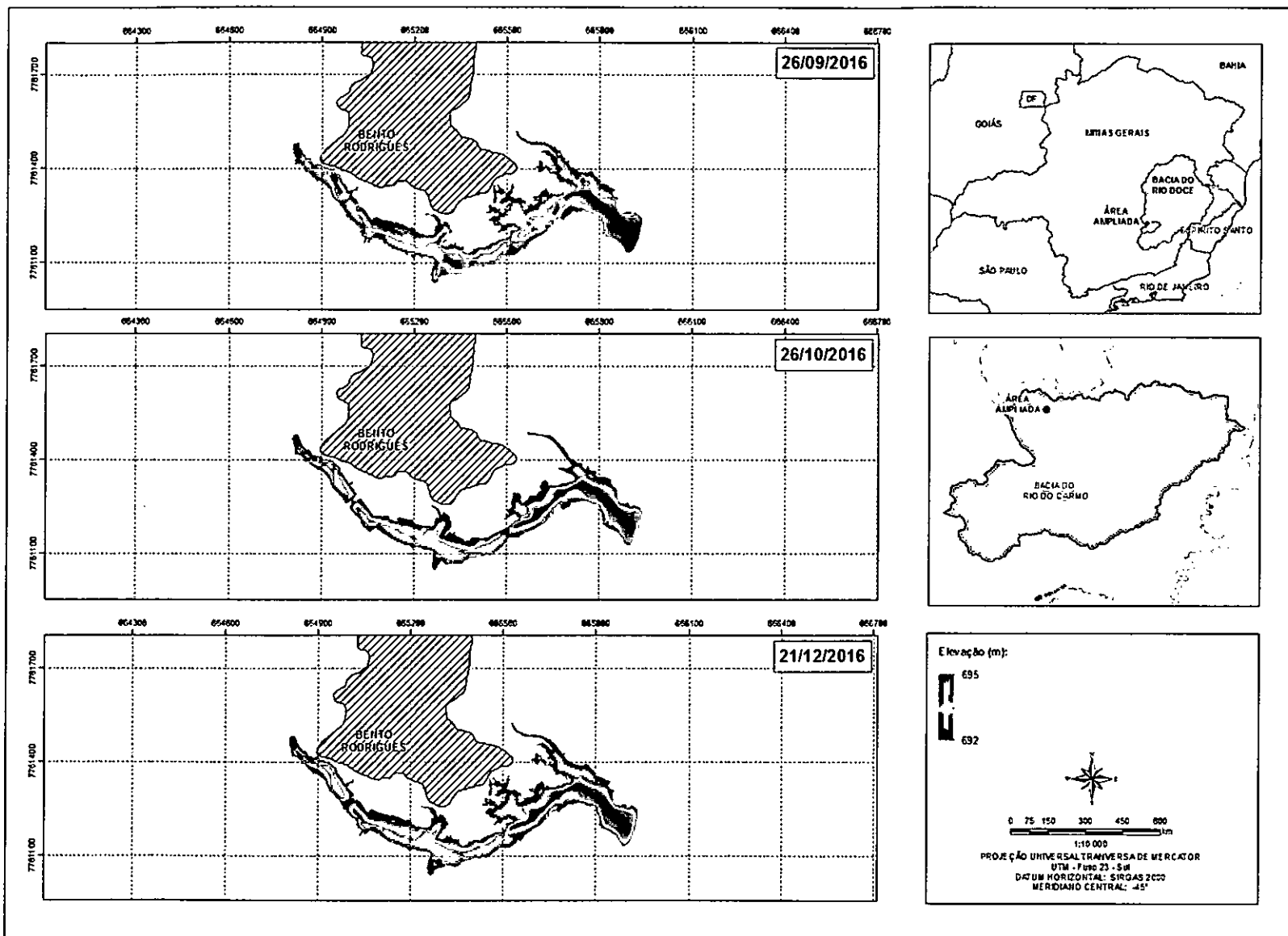
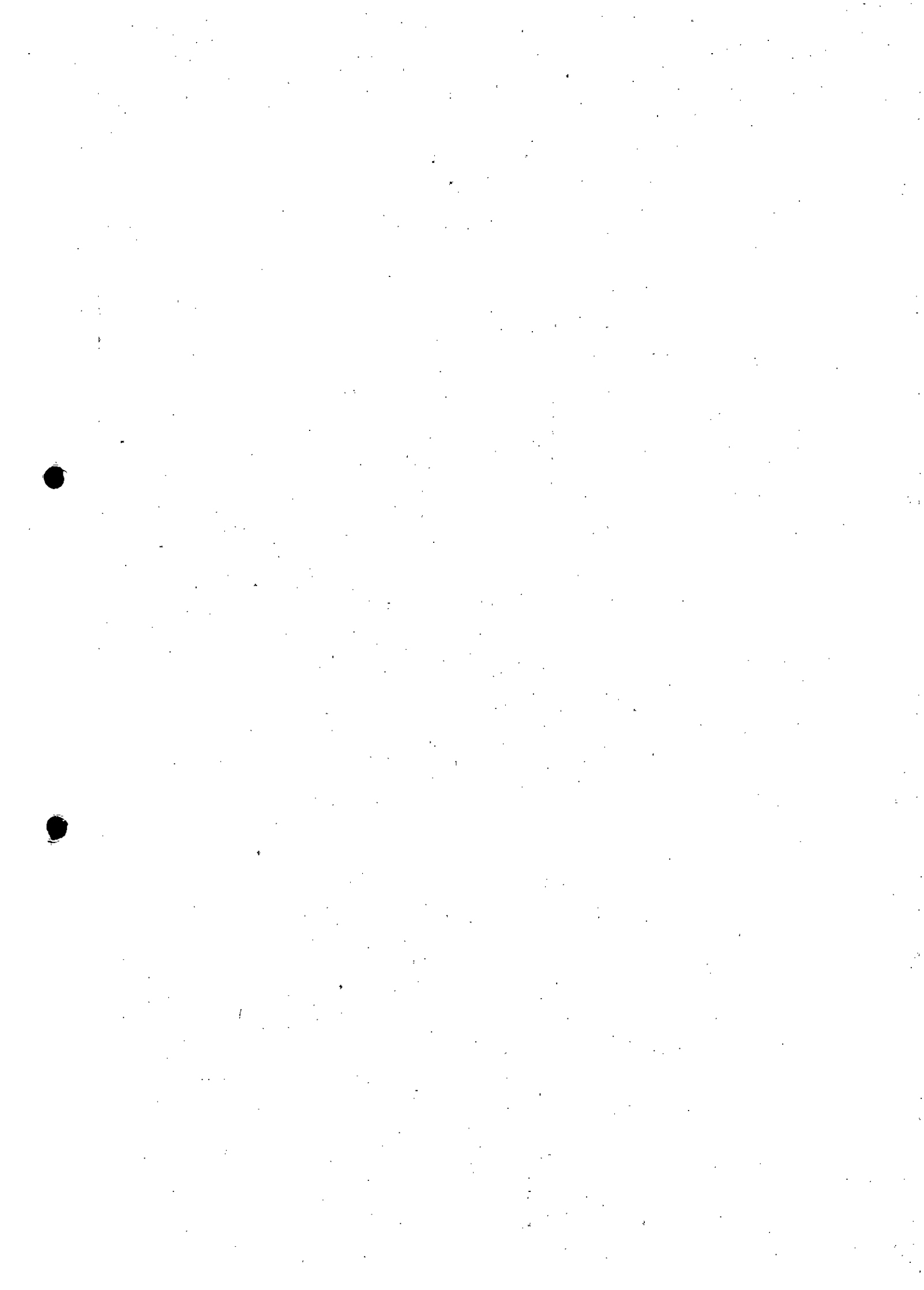
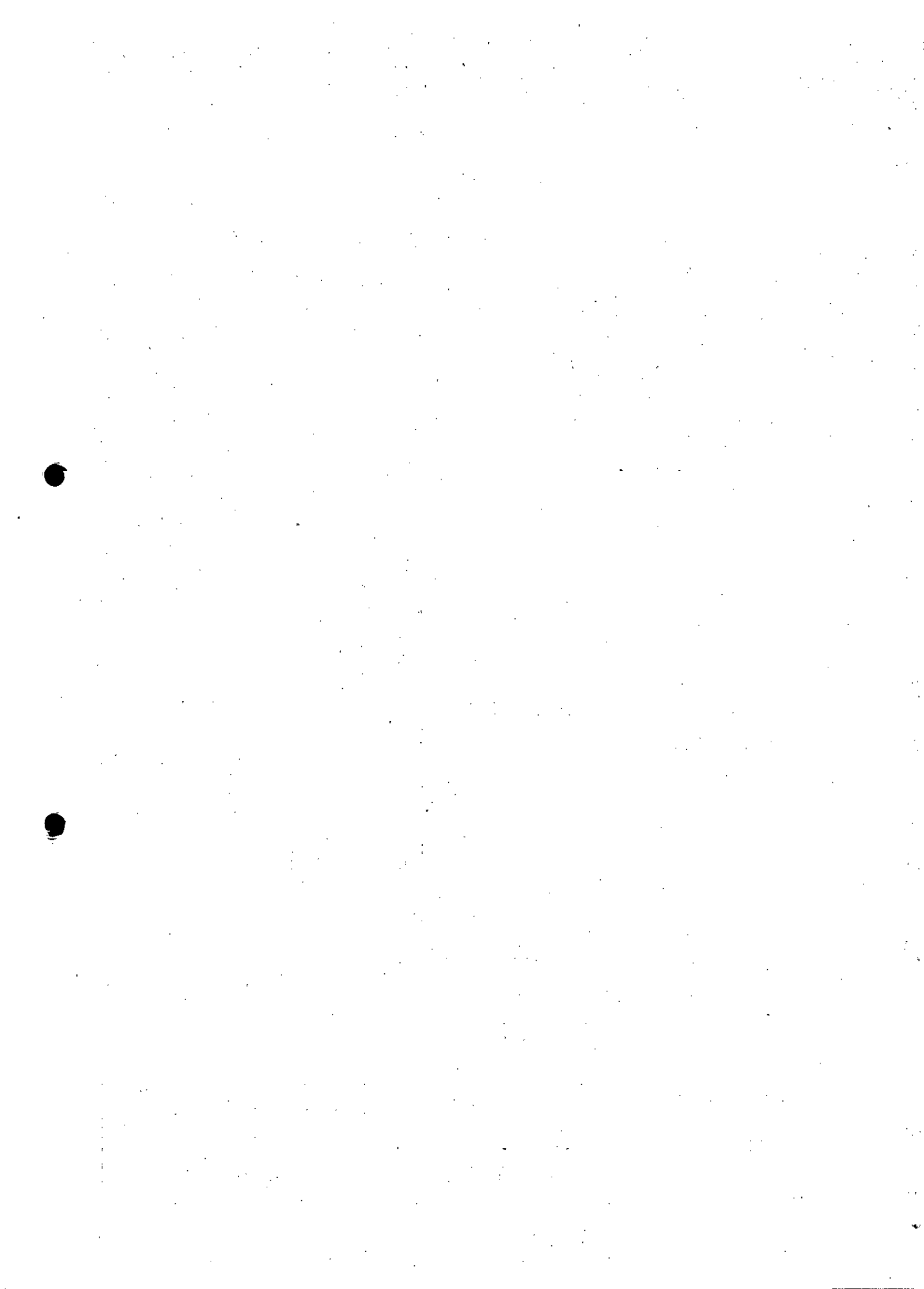


Figura A1.15 – Levantamentos topobatimétricos referentes ao Dique S4.



ANEXO 02

GRÁFICOS DE VARIAÇÃO ESPACIAL DOS PARÂMETROS ANALISADOS



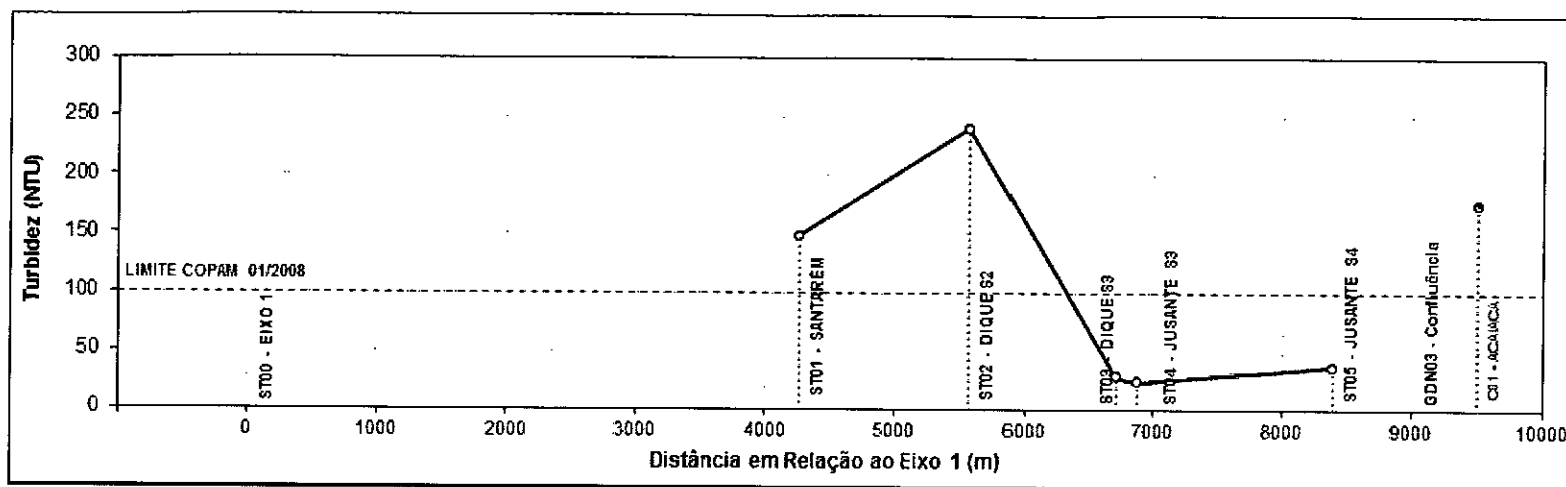


Figura A2.1 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 27/12/2016 – Córrego Santarém.

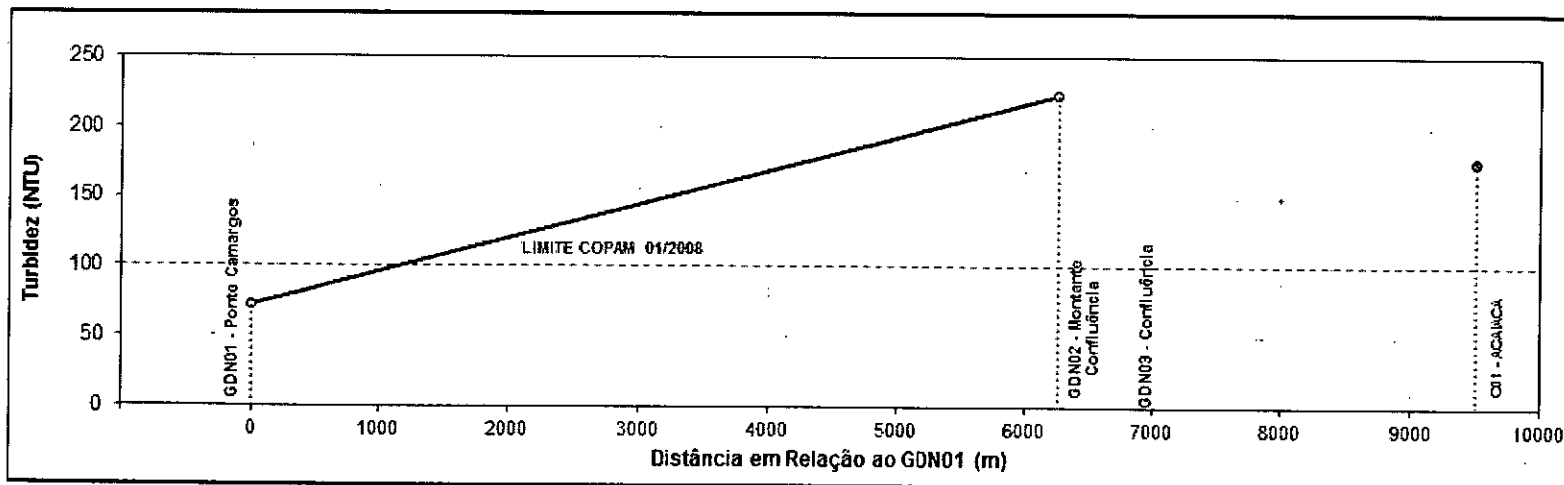
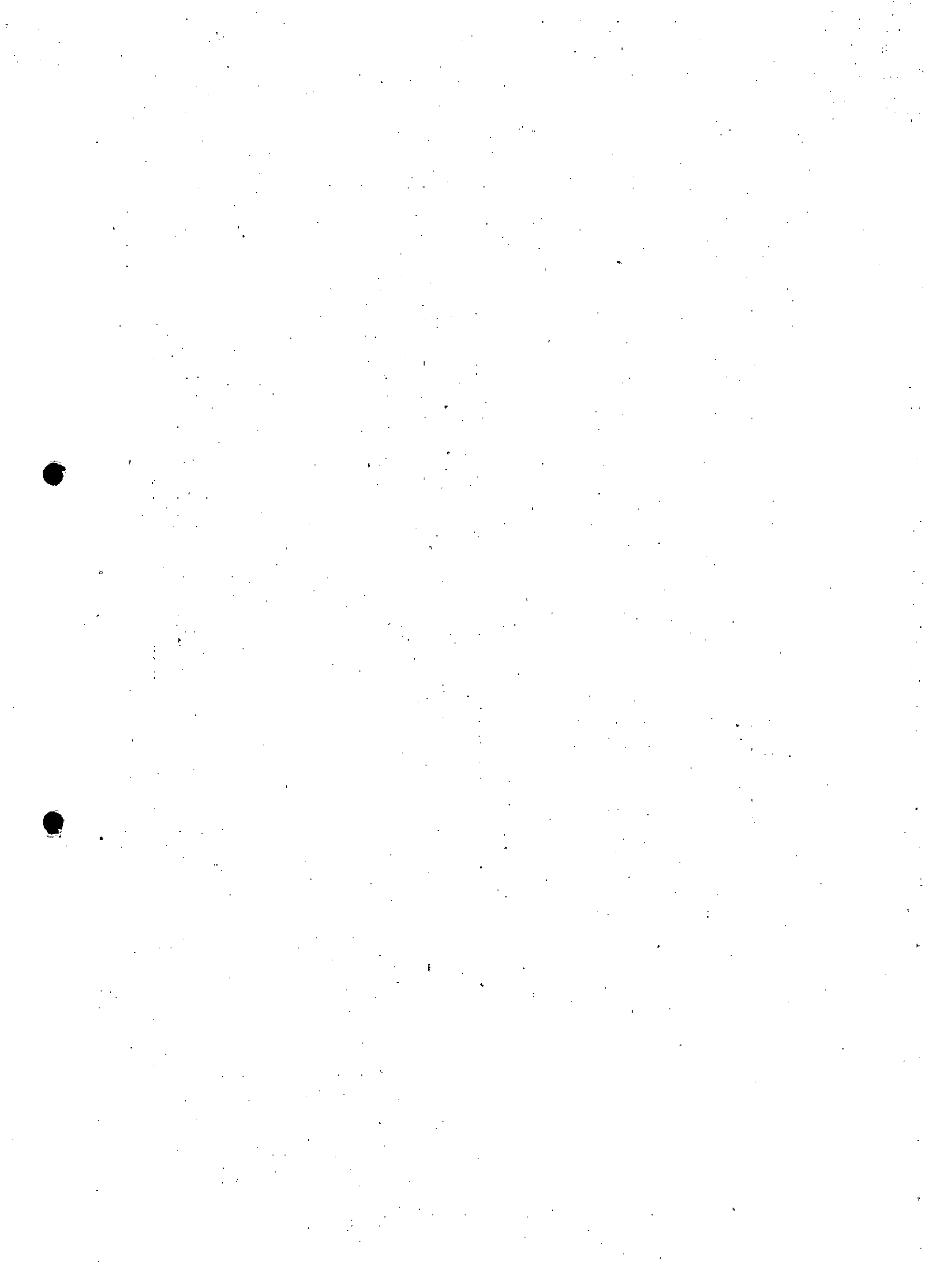


Figura A2.2 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 27/12/2016 – Rio Gualaxo do Norte.



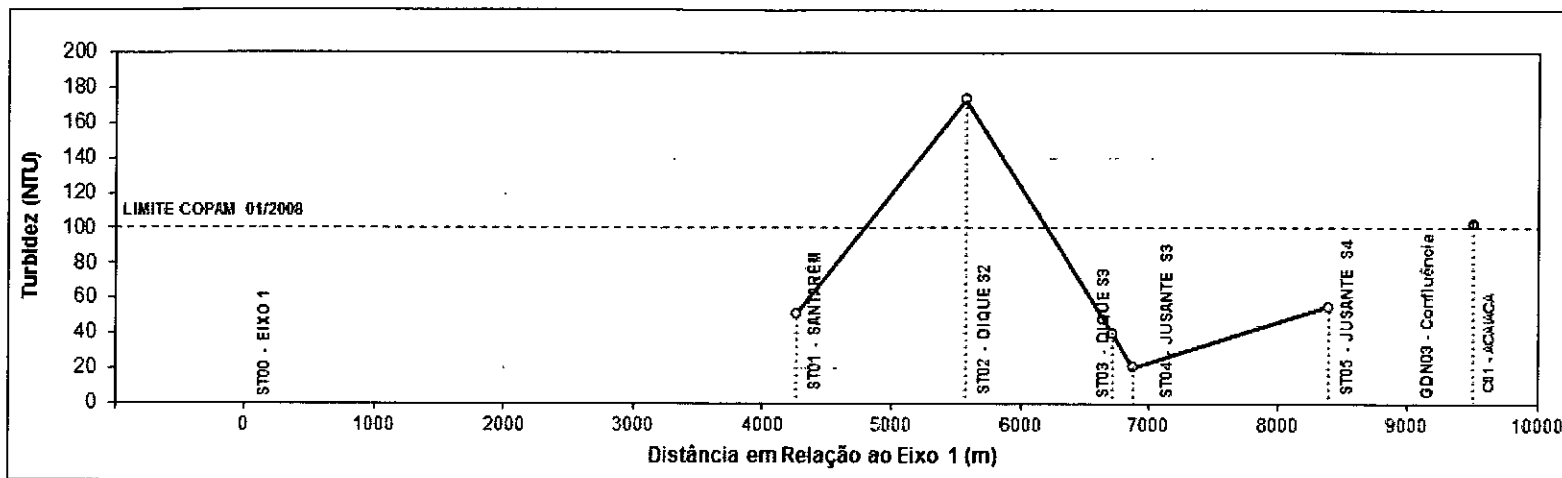


Figura A2.3 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 28/12/2016 – Córrego Santarém.

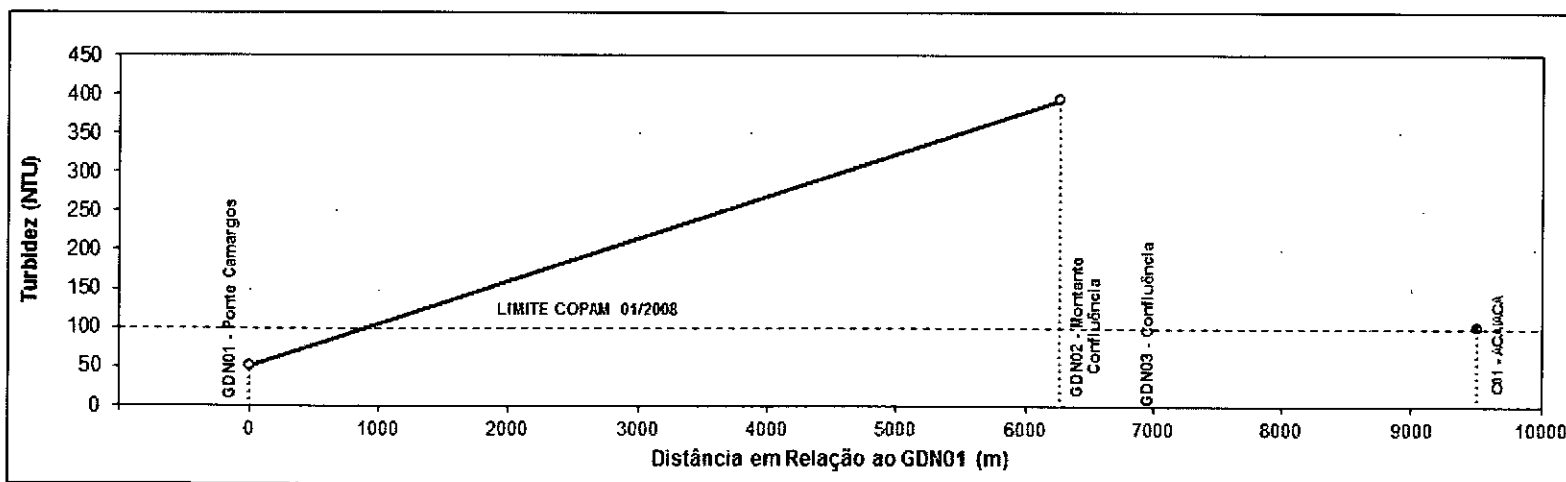
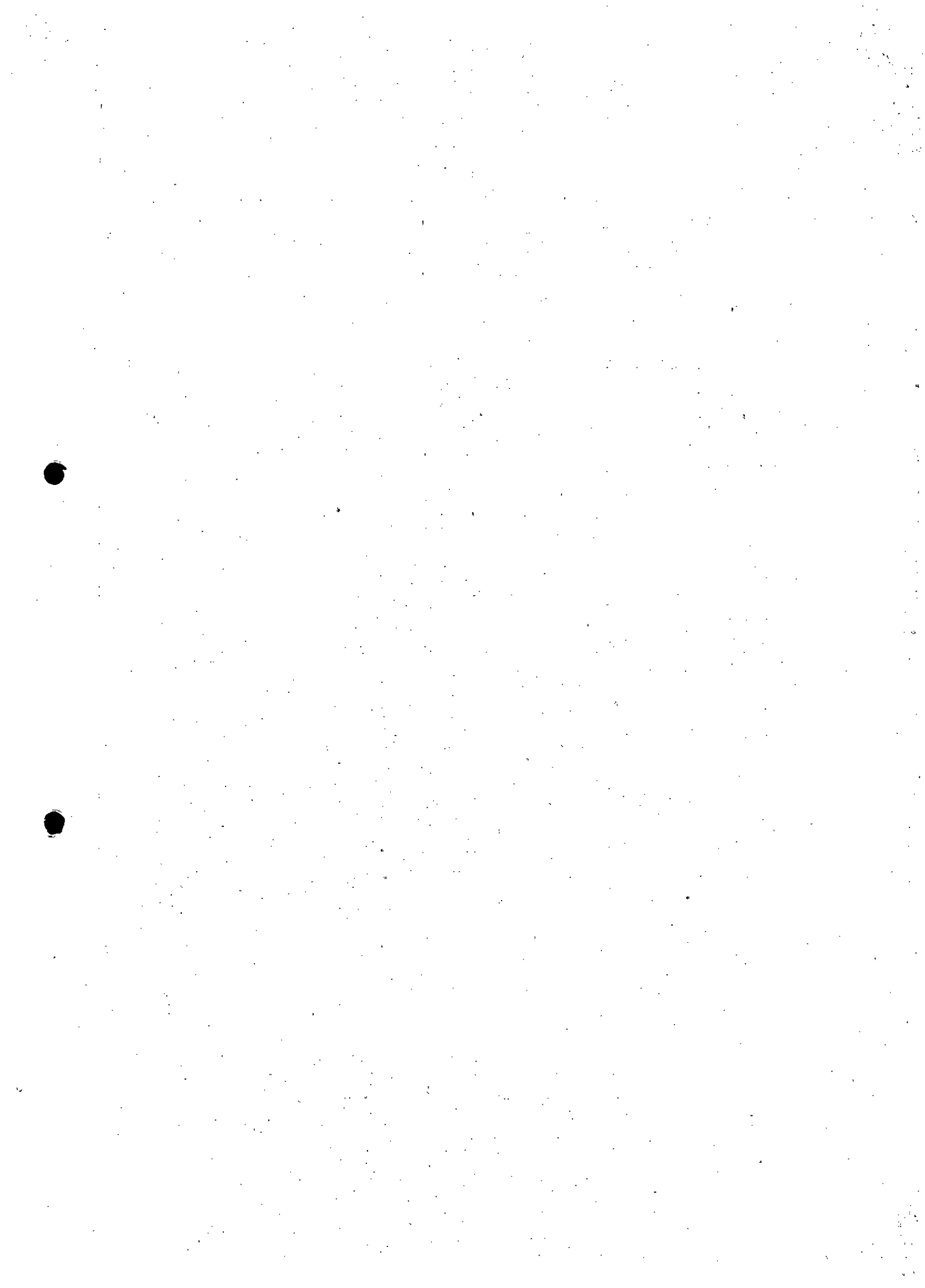


Figura A2.4 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 28/12/2016 – Rio Gualaxo do Norte.



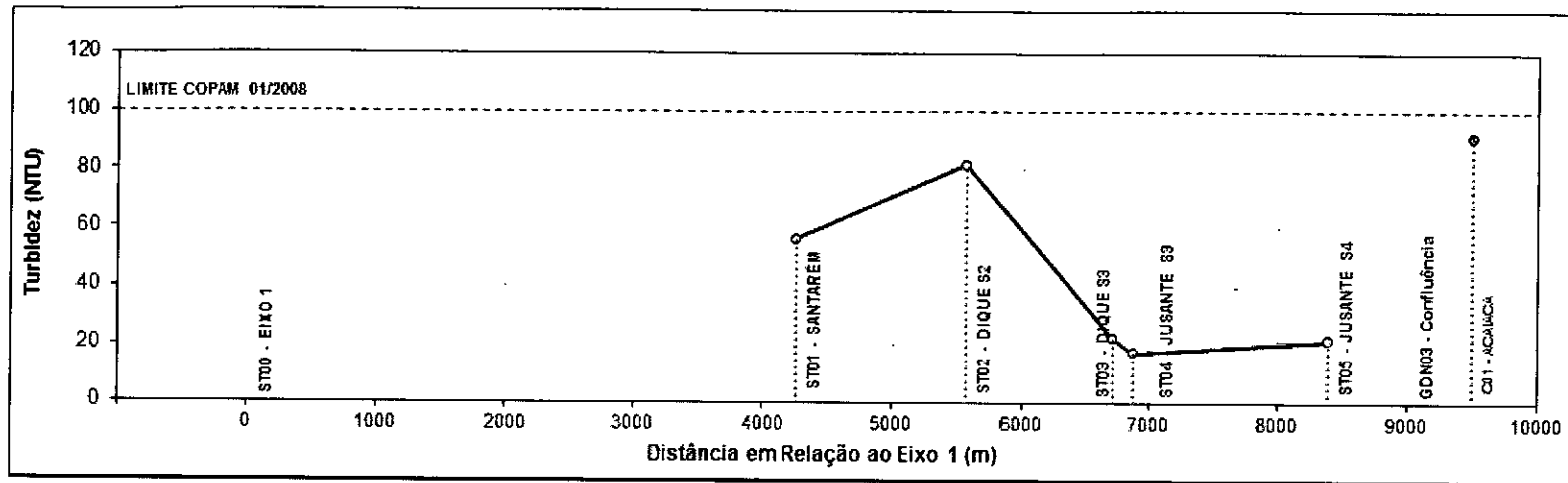


Figura A2.5 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 29/12/2016 – Córrego Santarém.

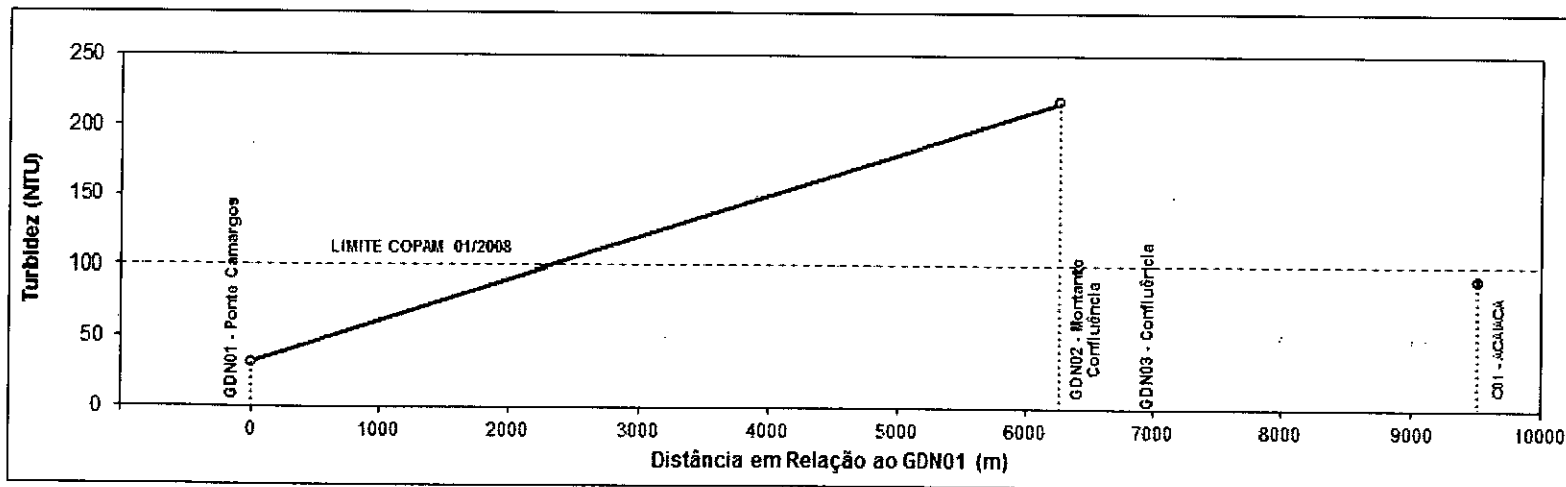
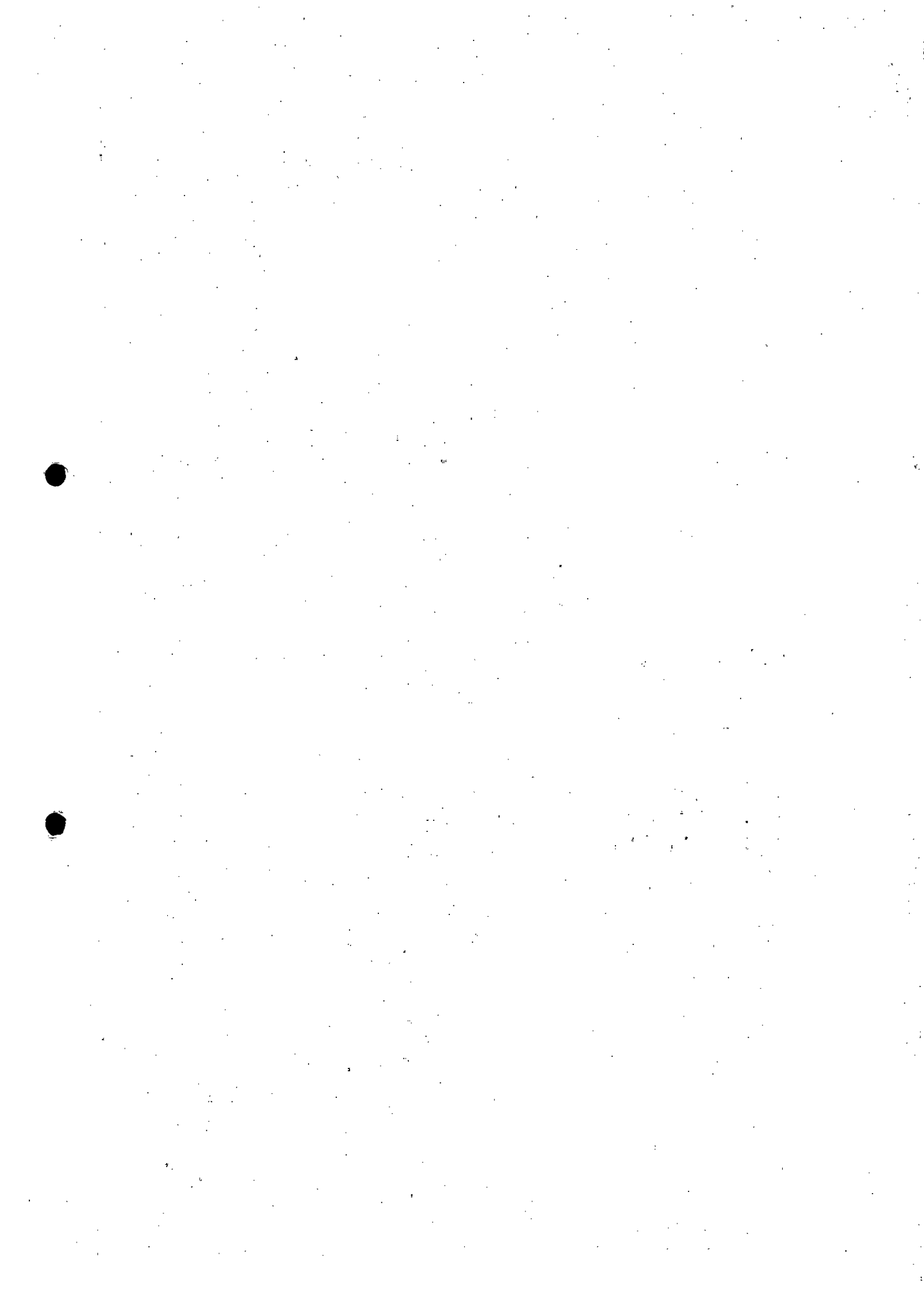


Figura A2.6 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 29/12/2016 – Rio Gualaxo do Norte.



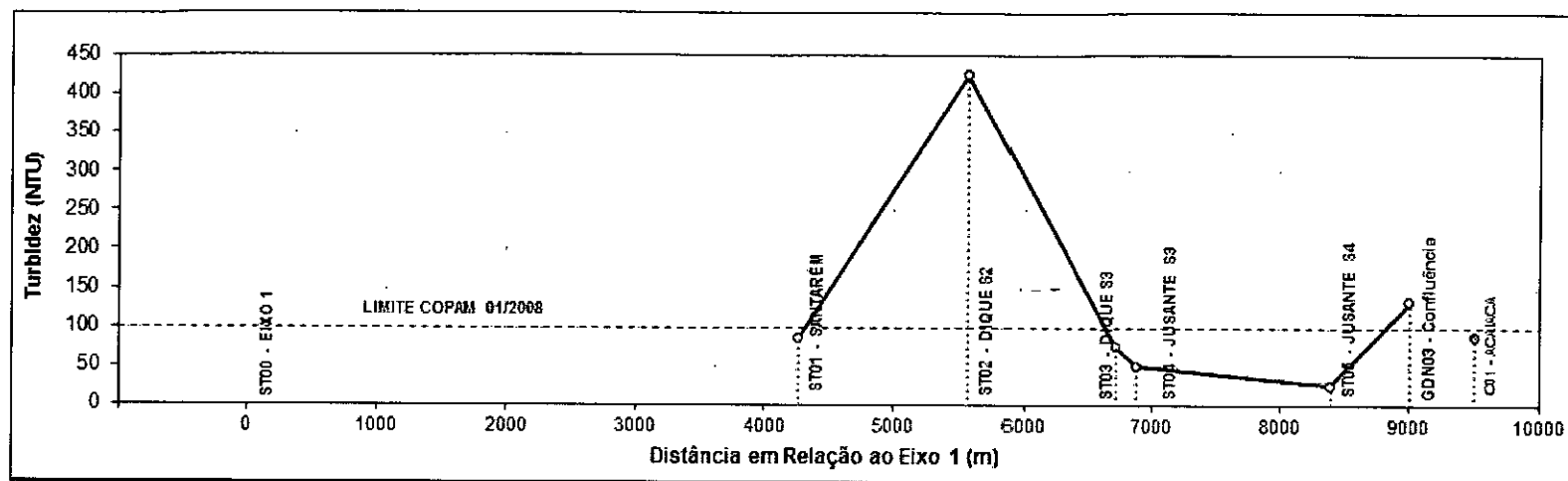


Figura A2.7 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 30/12/2016 – Córrego Santarém.

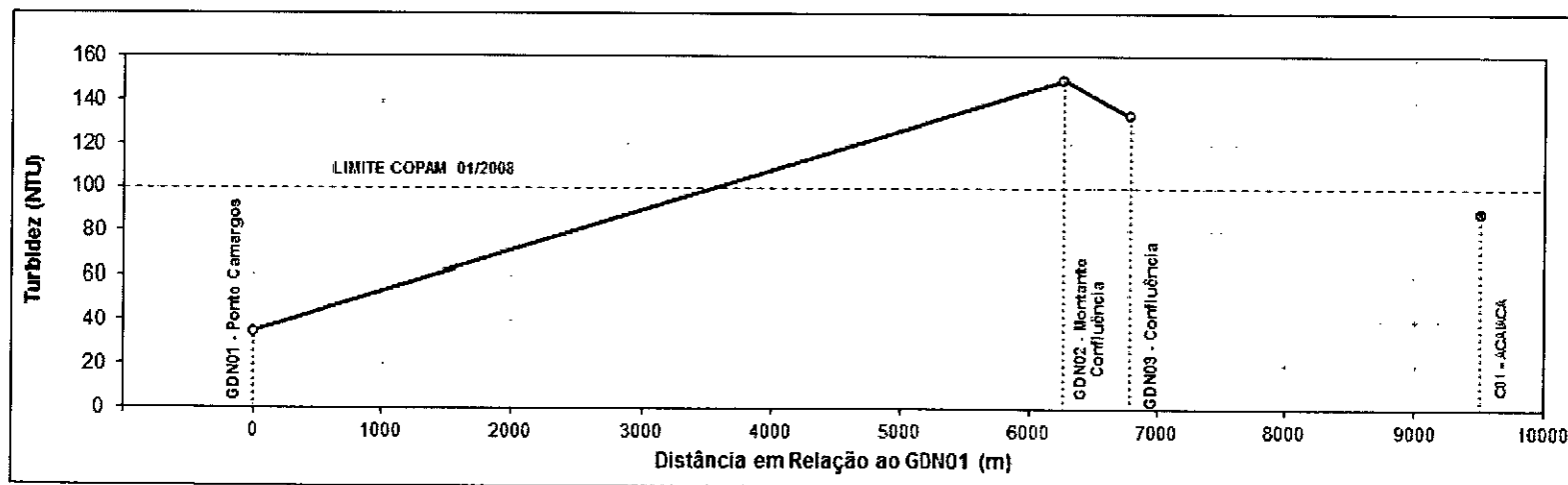
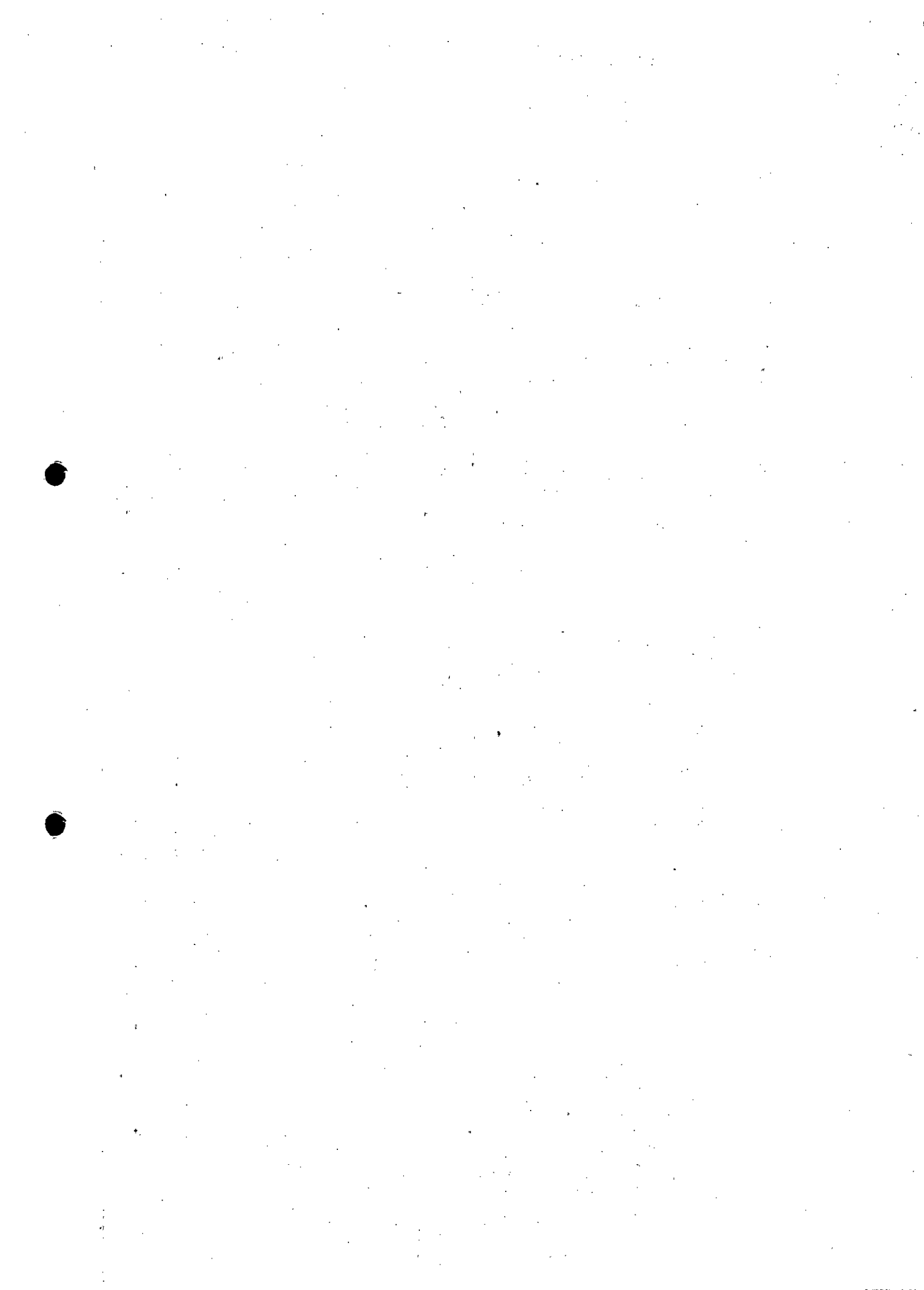


Figura A2.8 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 30/12/2016 – Rio Gualaxo do Norte.



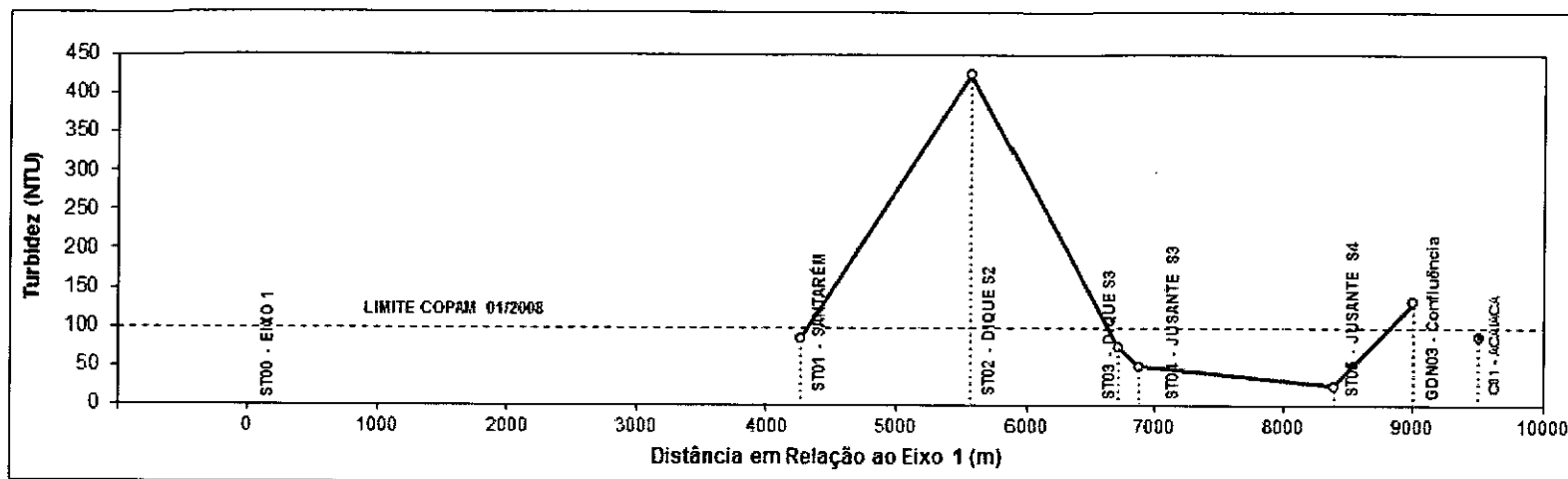


Figura A2.9 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 31/12/2016 – Córrego Santarém.

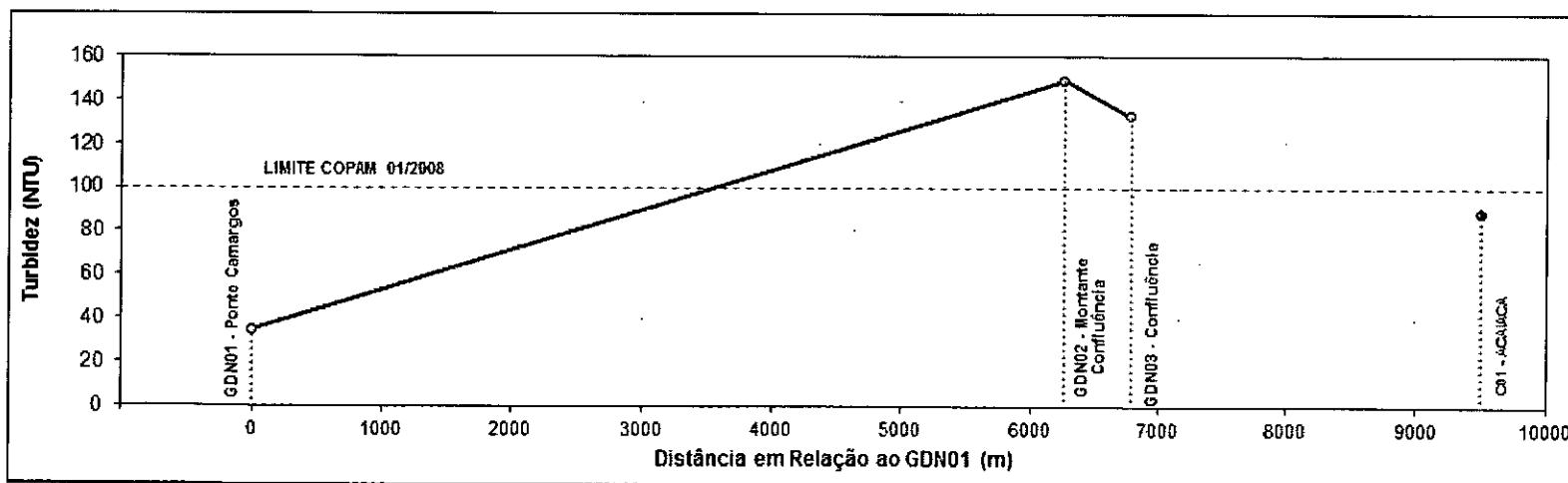
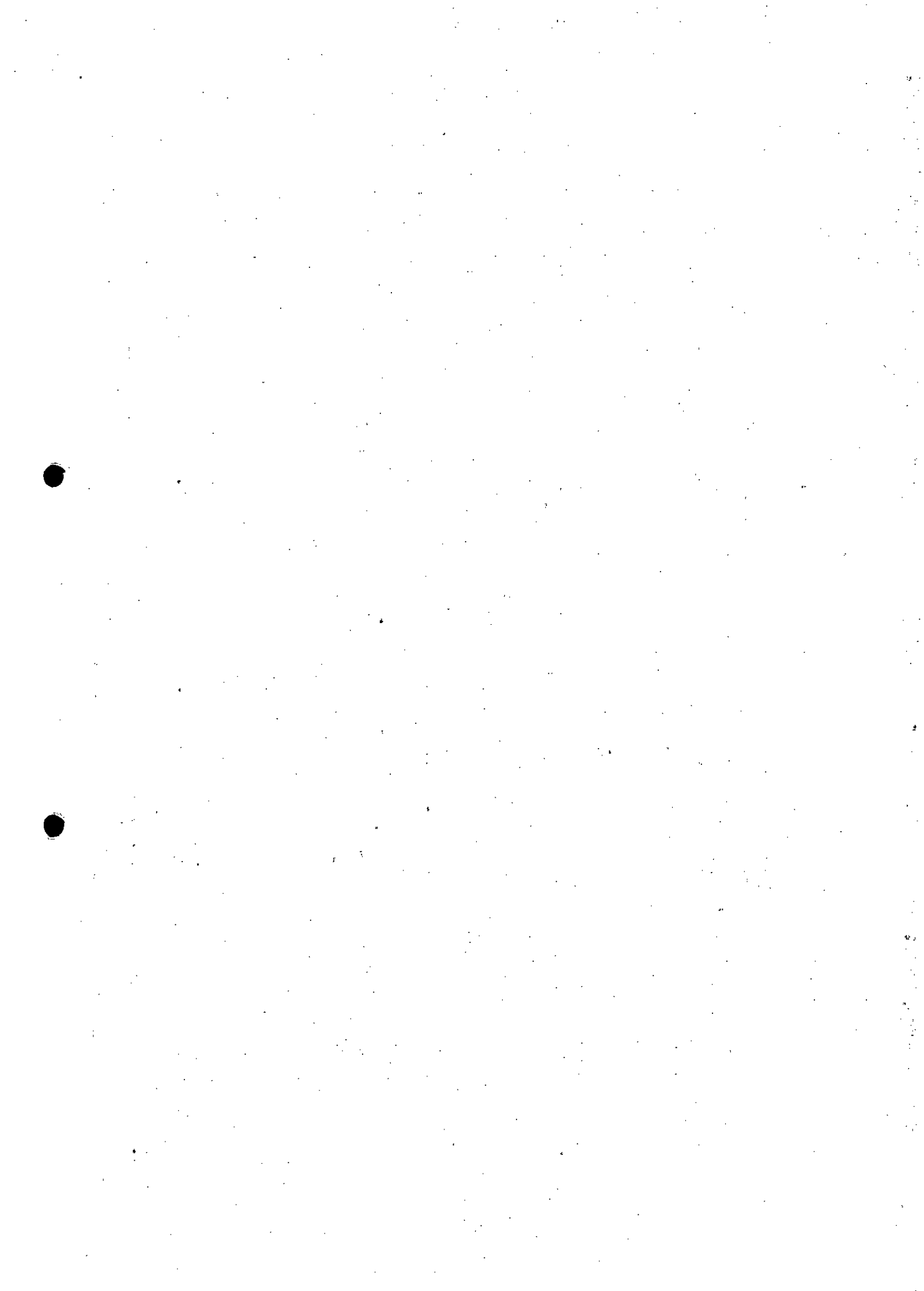


Figura A2.10 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 31/12/2016 – Rio Gualaxo do Norte.



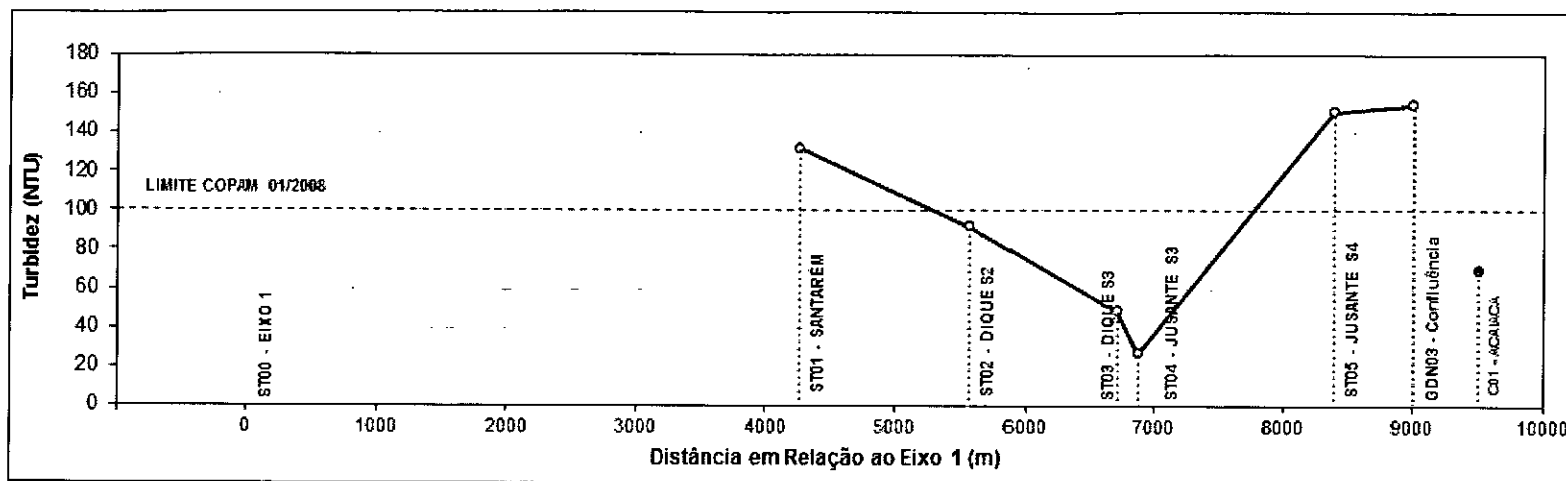


Figura A2.11 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 01/01/2017 – Córrego Santarém.

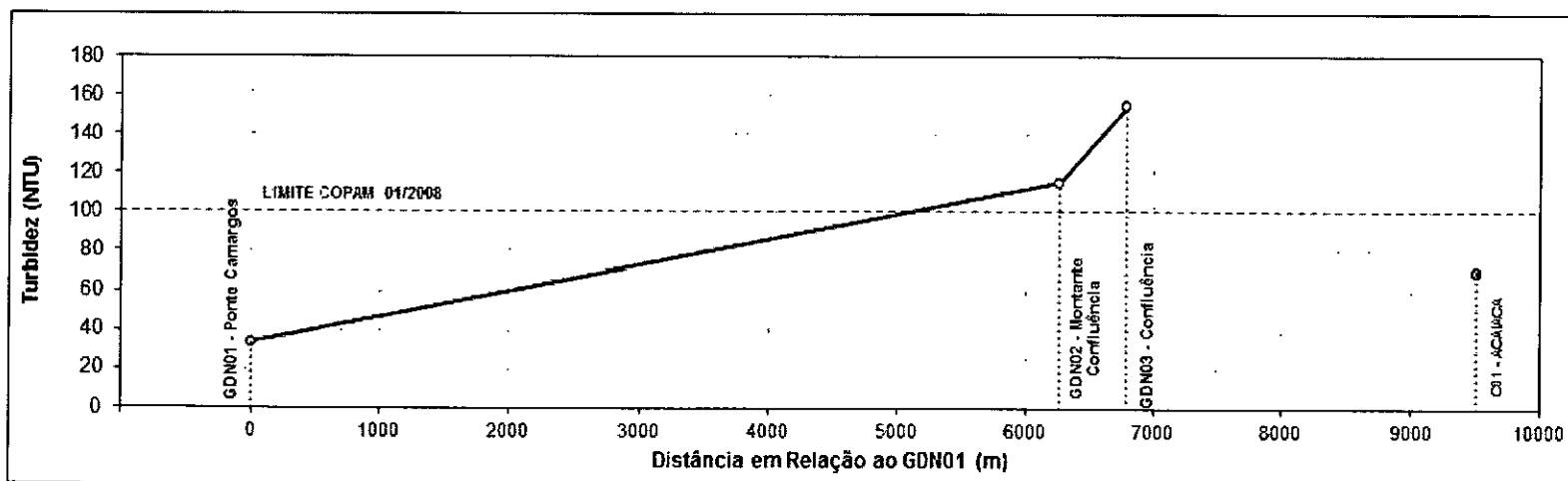
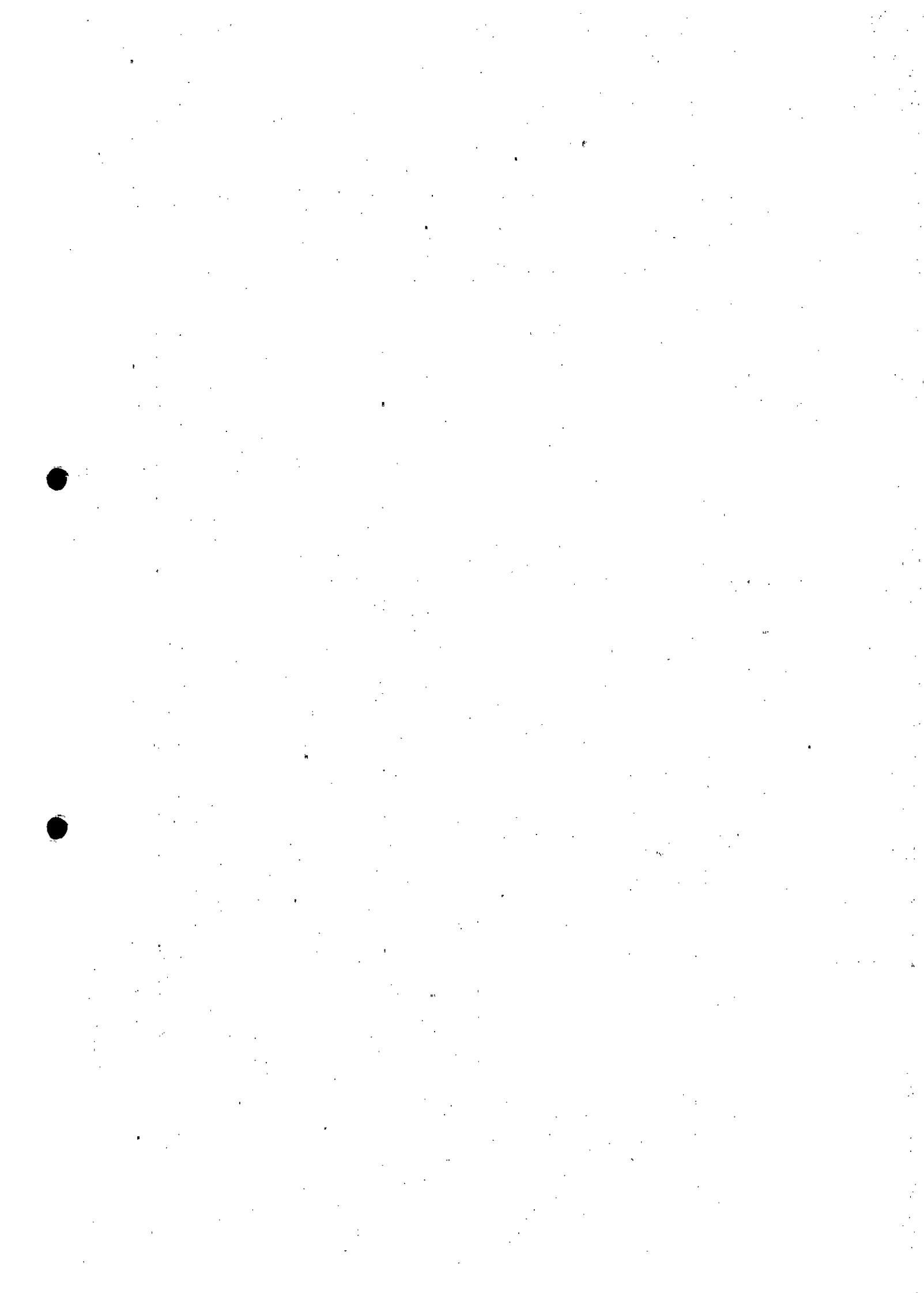


Figura A2.12 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 01/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



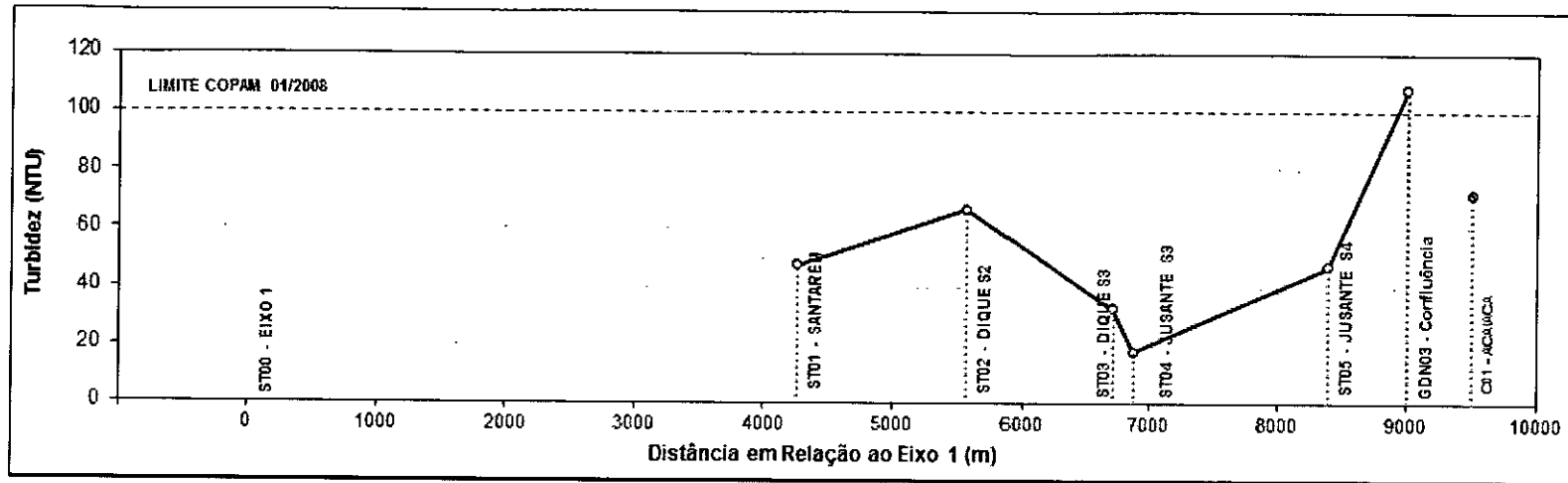


Figura A2.13 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 02/01/2017 – Córrego Santarém.

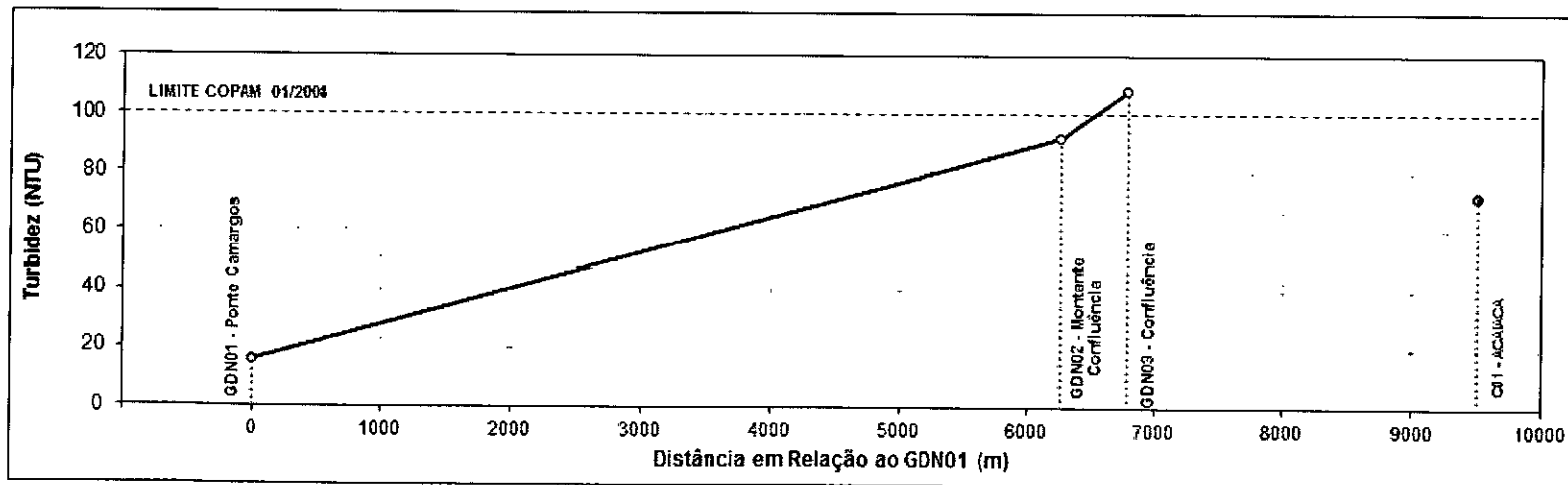
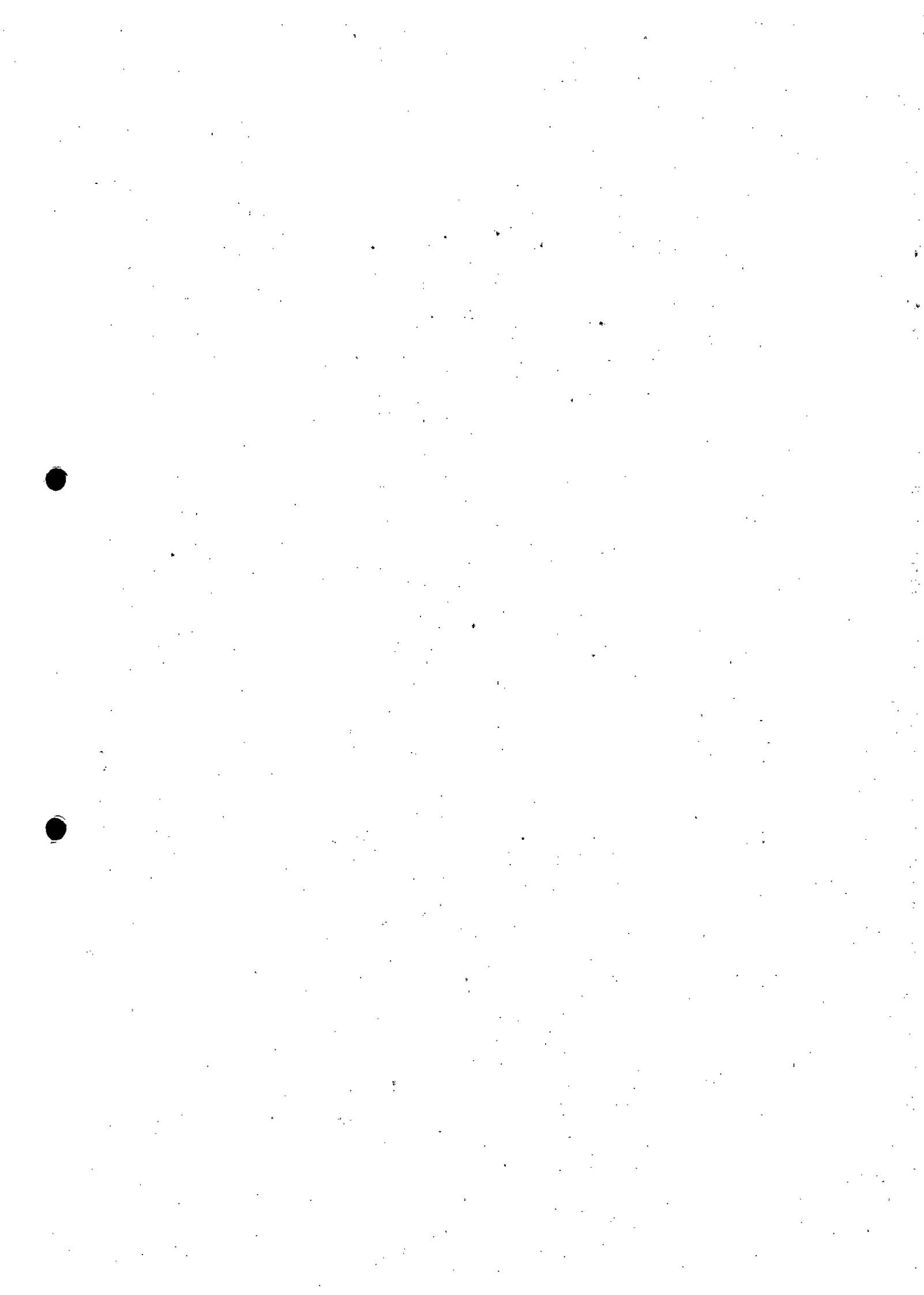


Figura A2.14 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 02/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



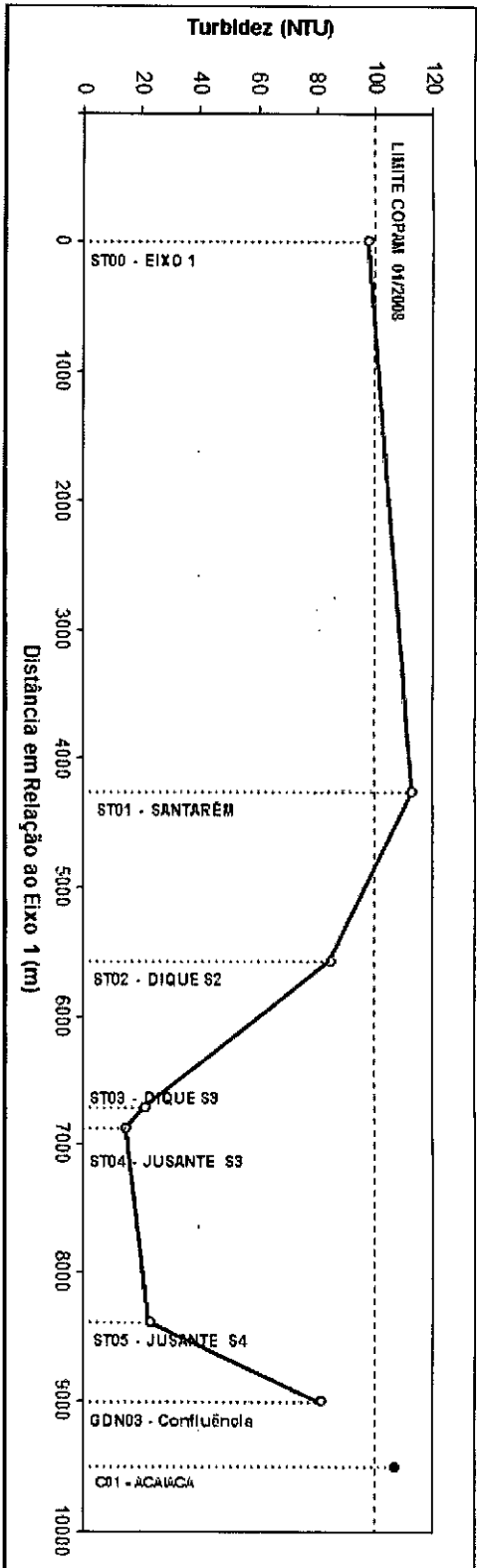


Figura A2.15 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 03/01/2017 – Córrego Santarém.

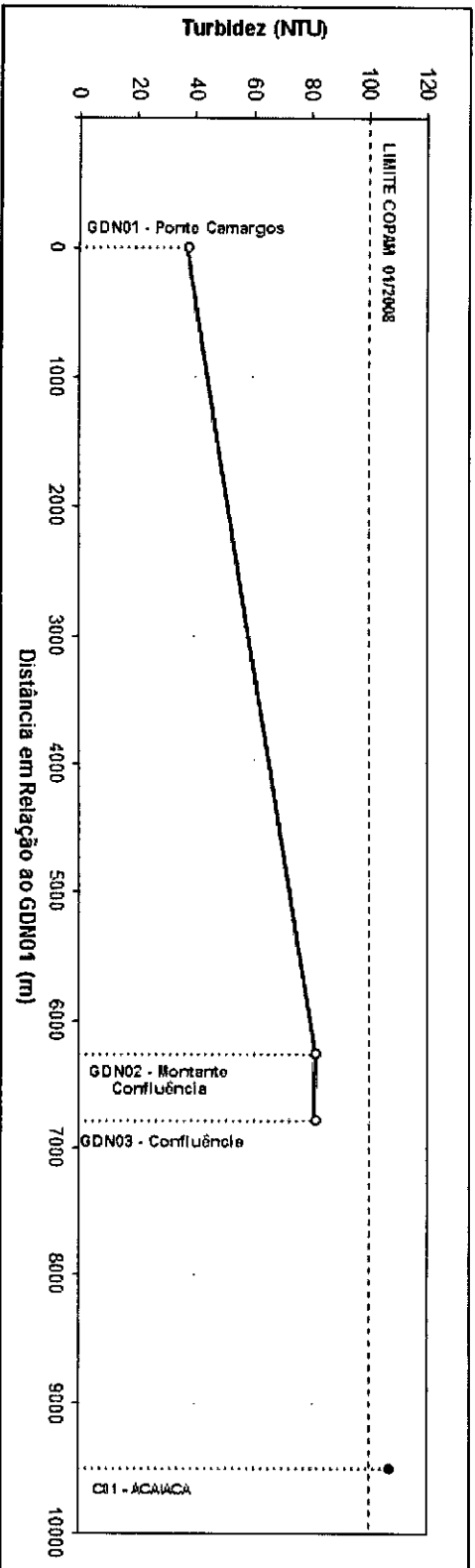
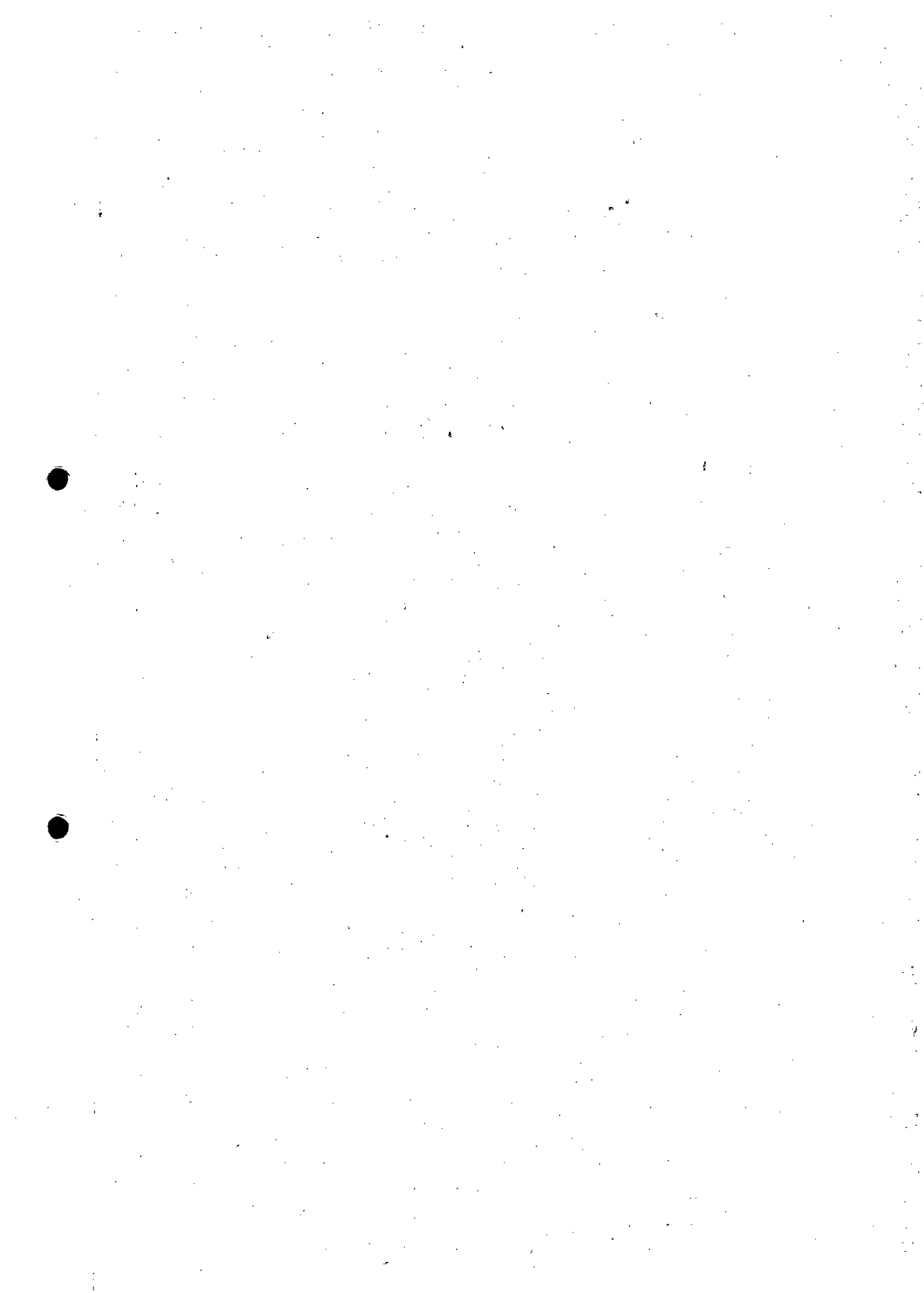


Figura A2.16 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 03/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



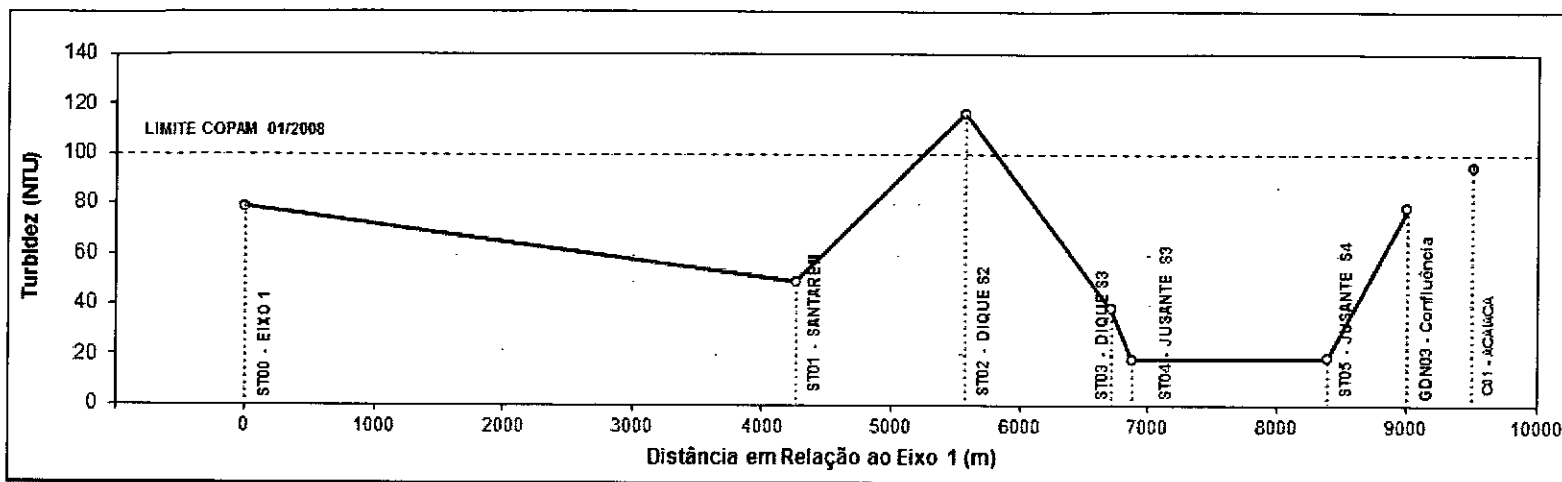


Figura A2.17 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 04/01/2017 – Córrego Santarém.

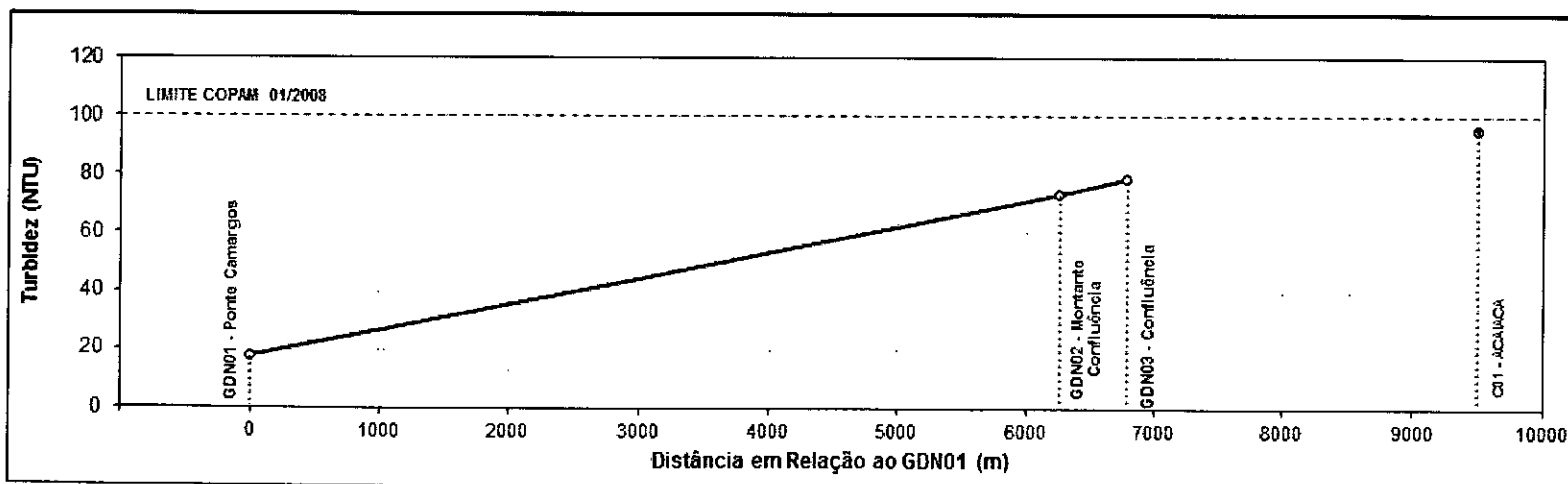
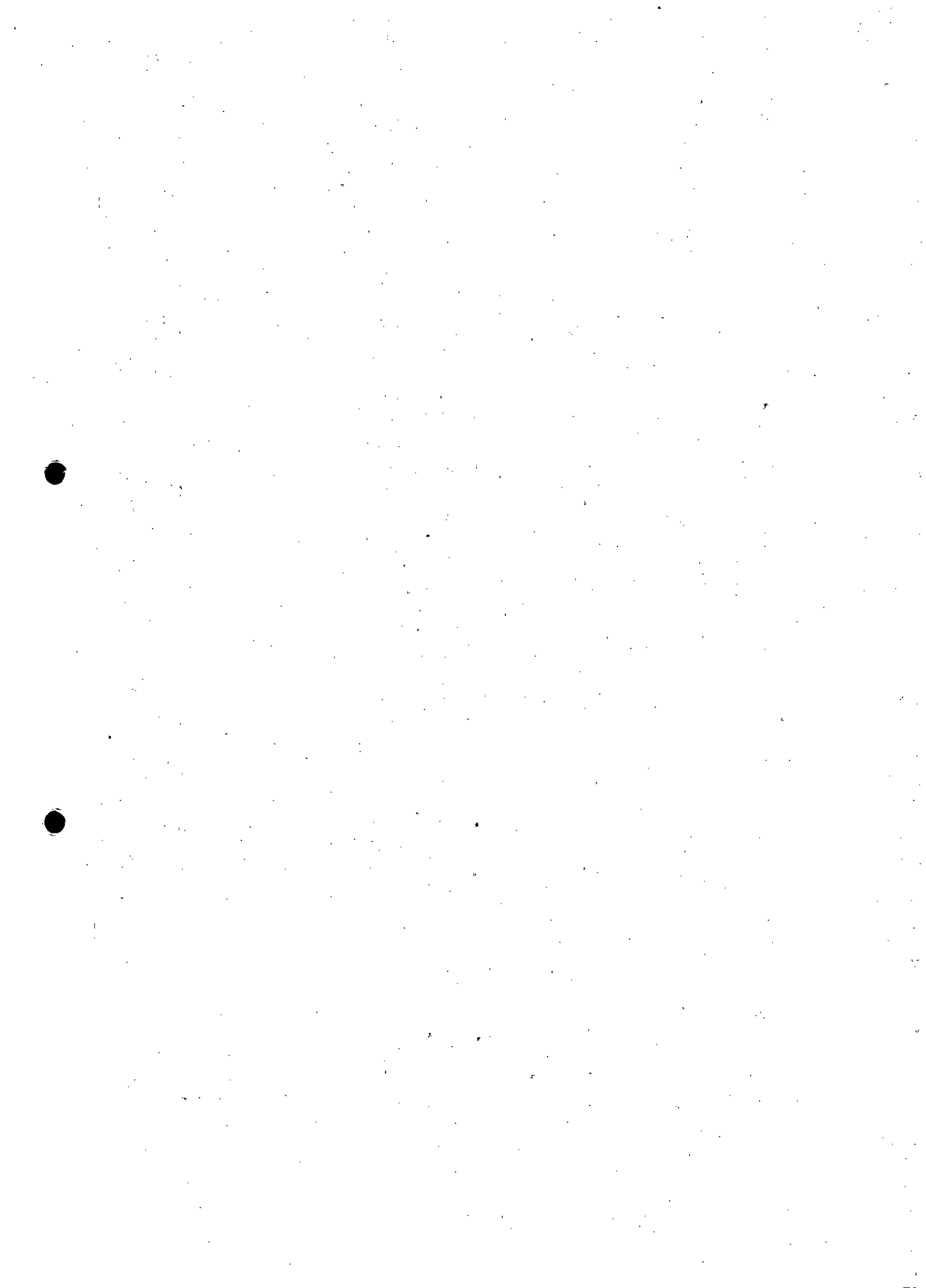


Figura A2.18 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 04/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



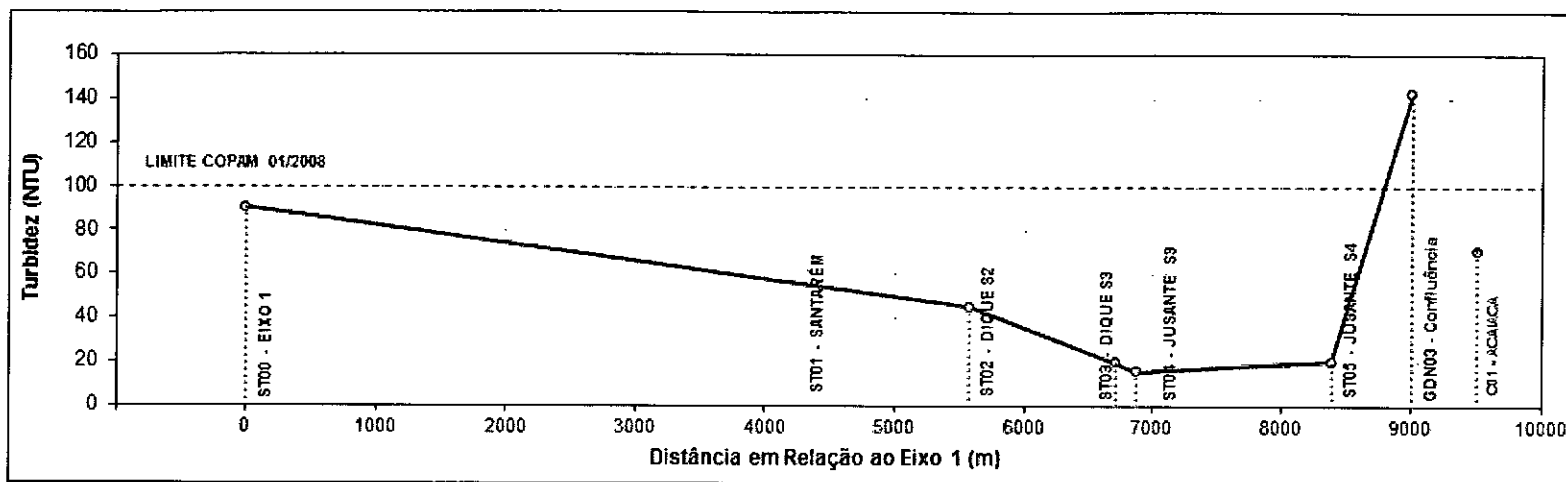


Figura A2.19 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 05/01/2017 – Córrego Santarém.

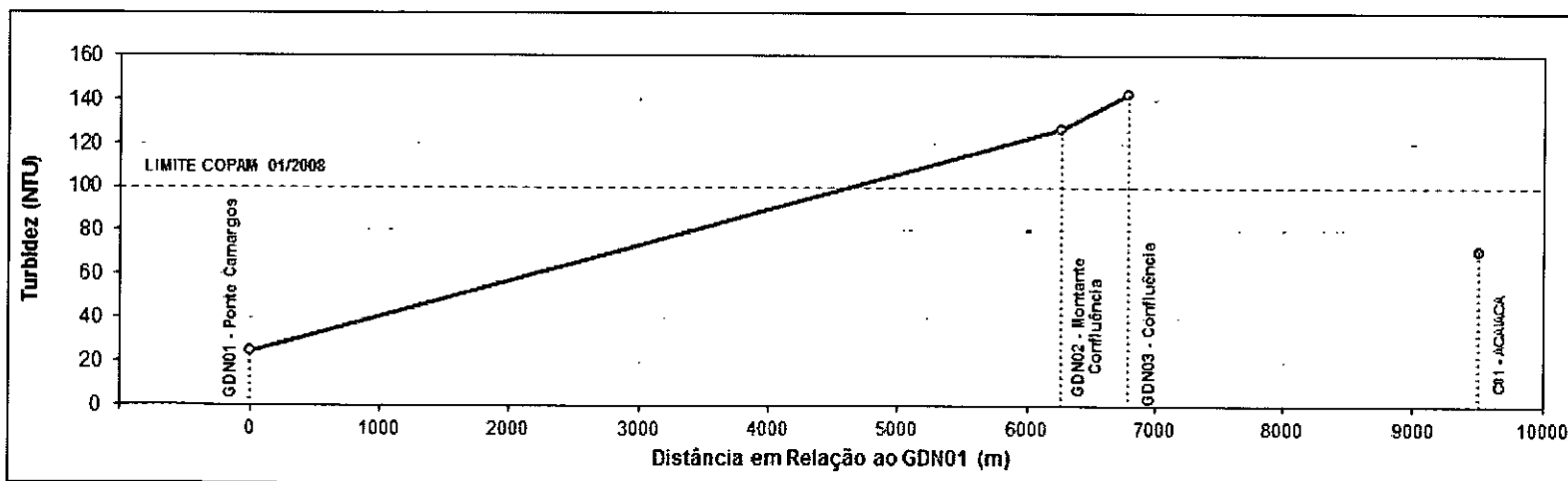
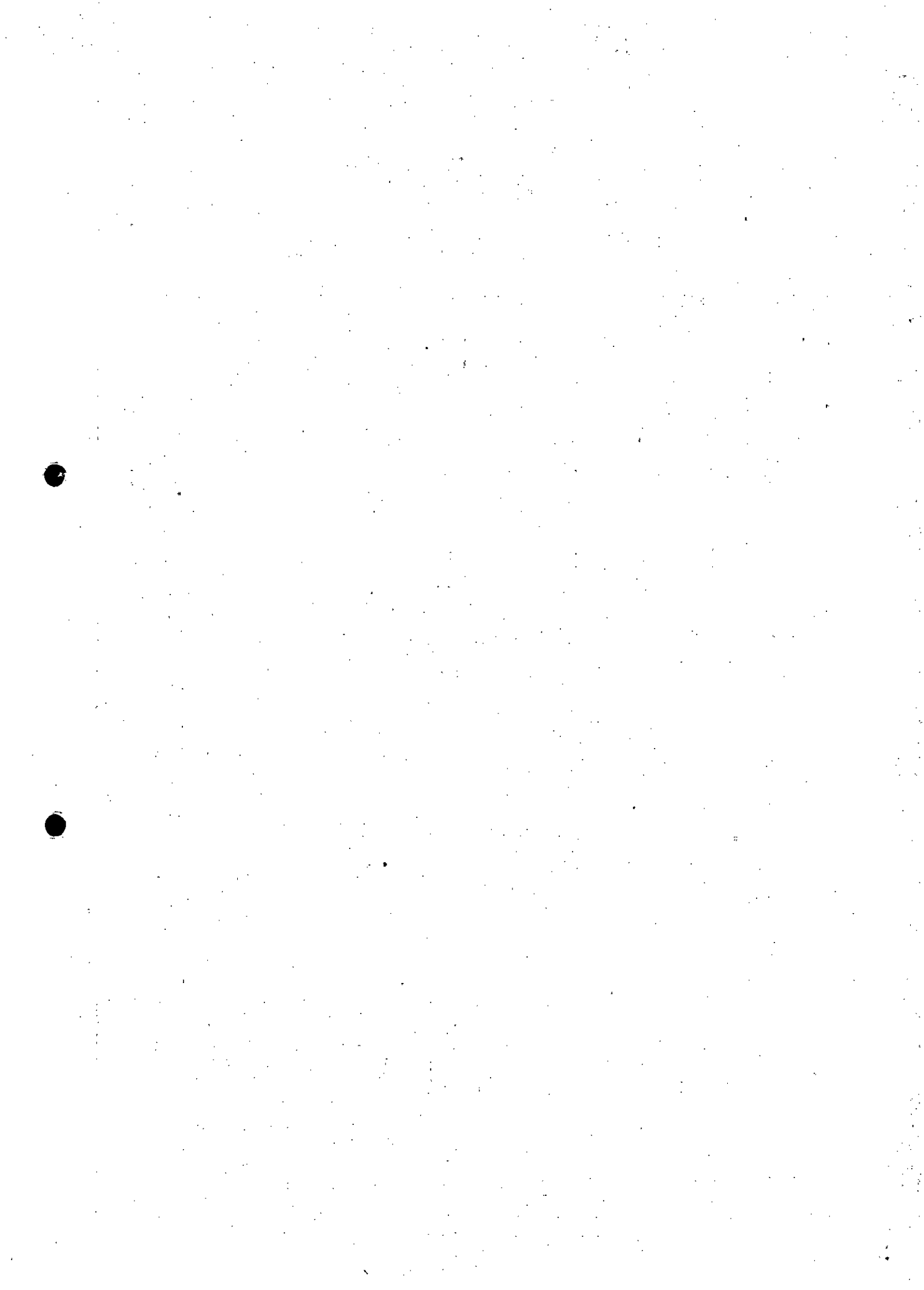


Figura A2.20 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 05/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



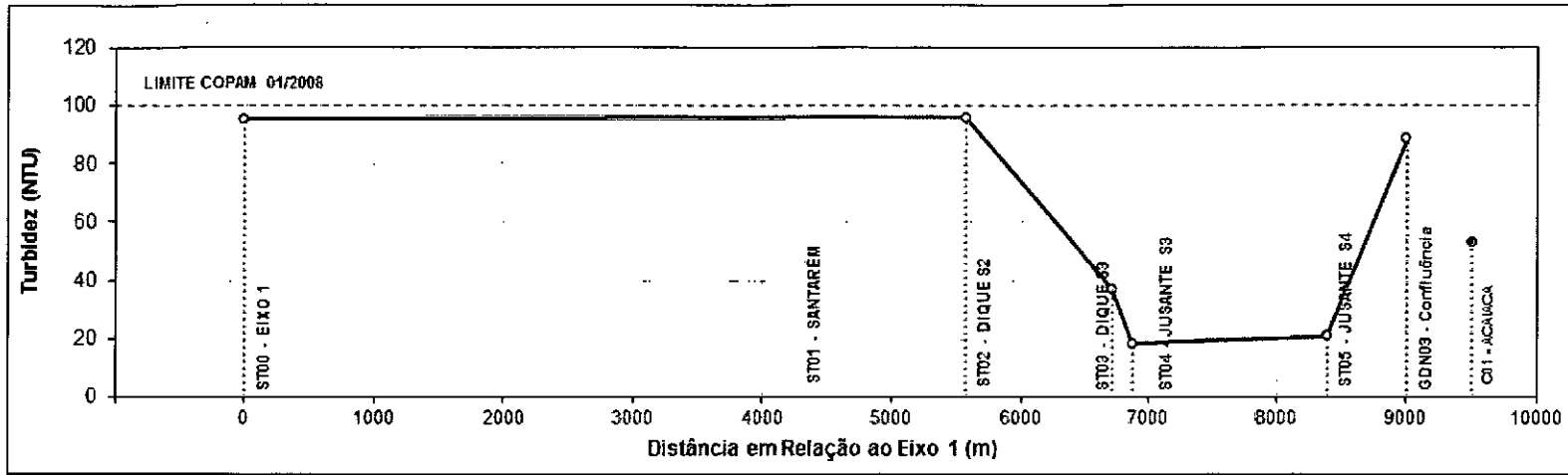


Figura A2.21 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 06/01/2017 – Córrego Santarém.

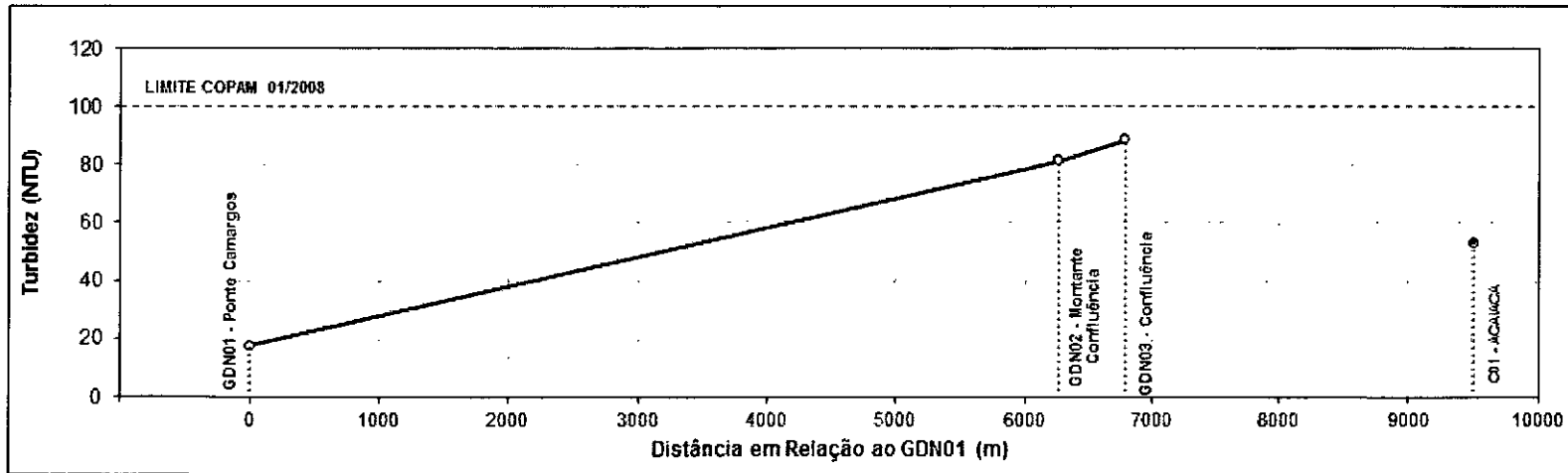
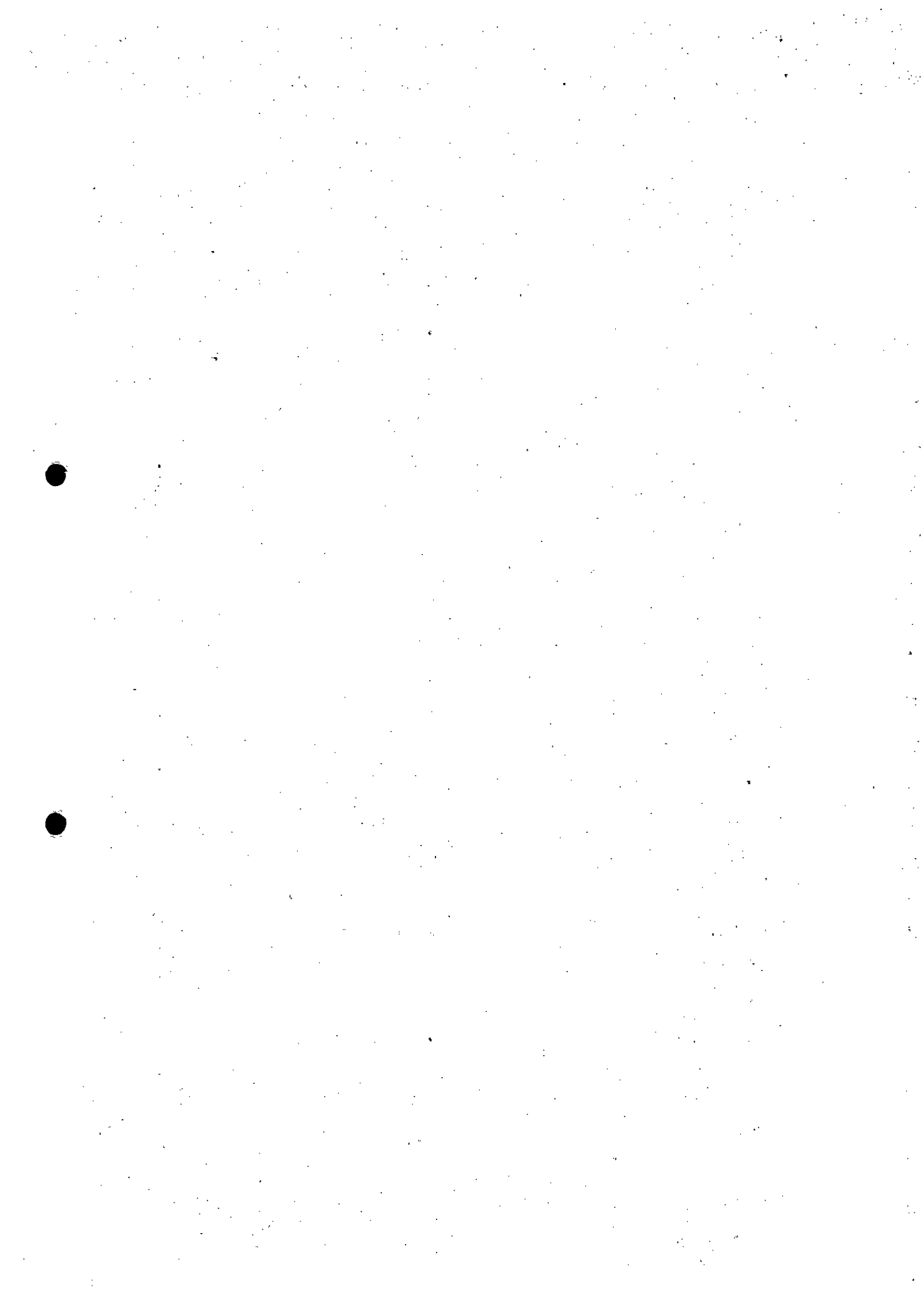


Figura A2.22 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 06/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



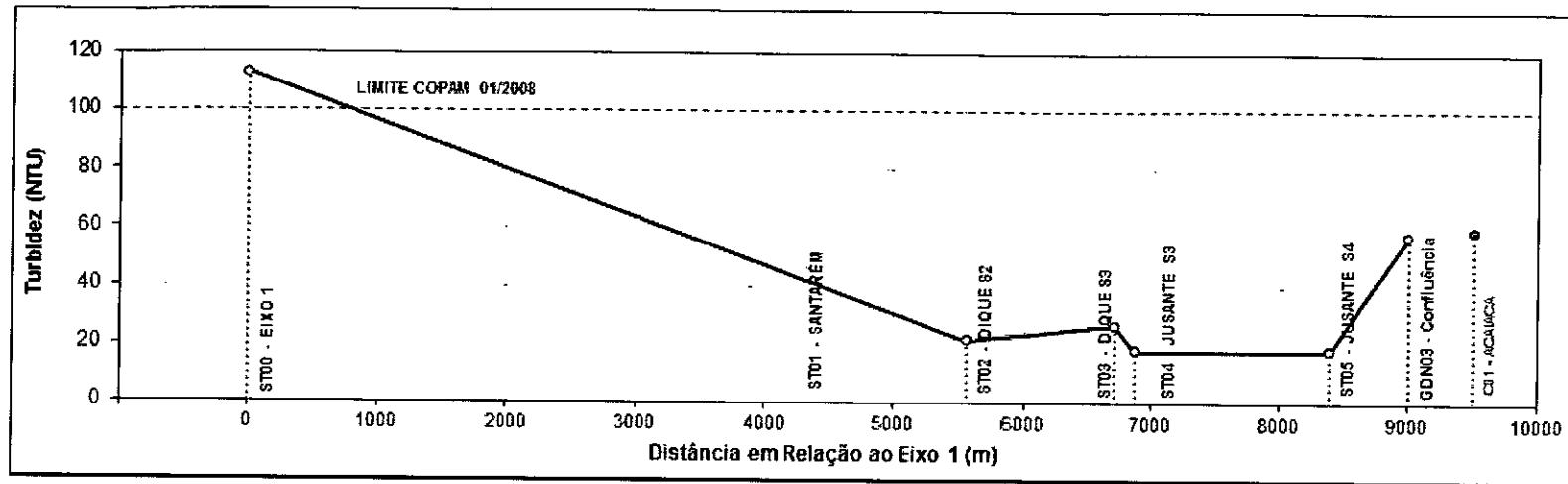


Figura A2.23 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 07/01/2017 – Córrego Santarém.

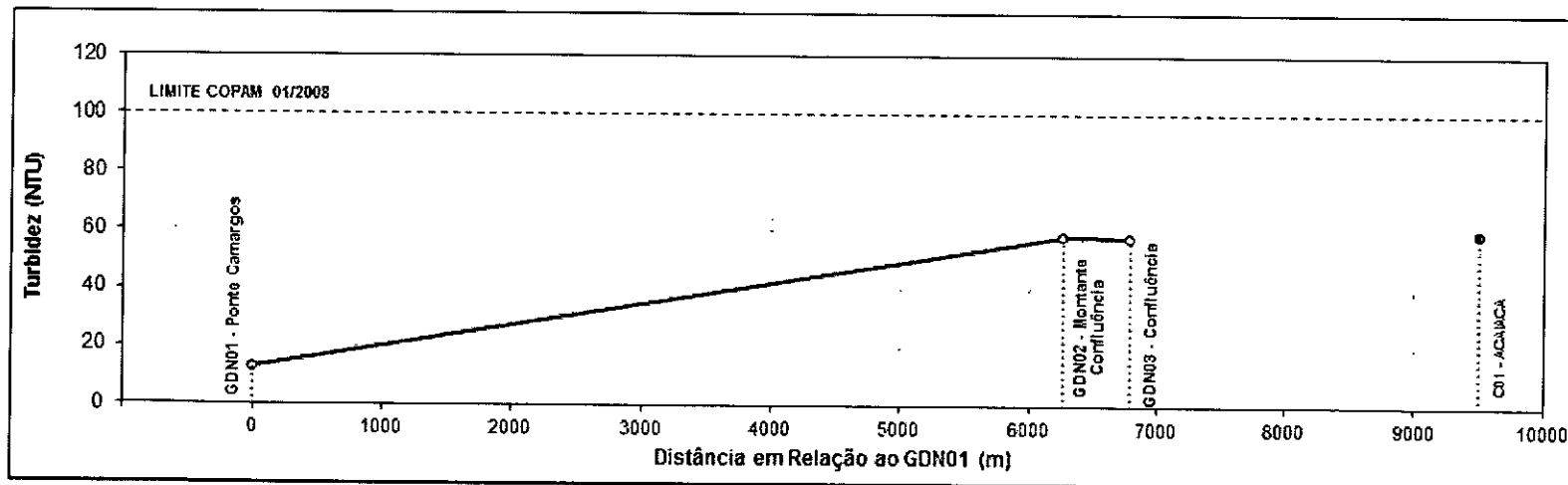
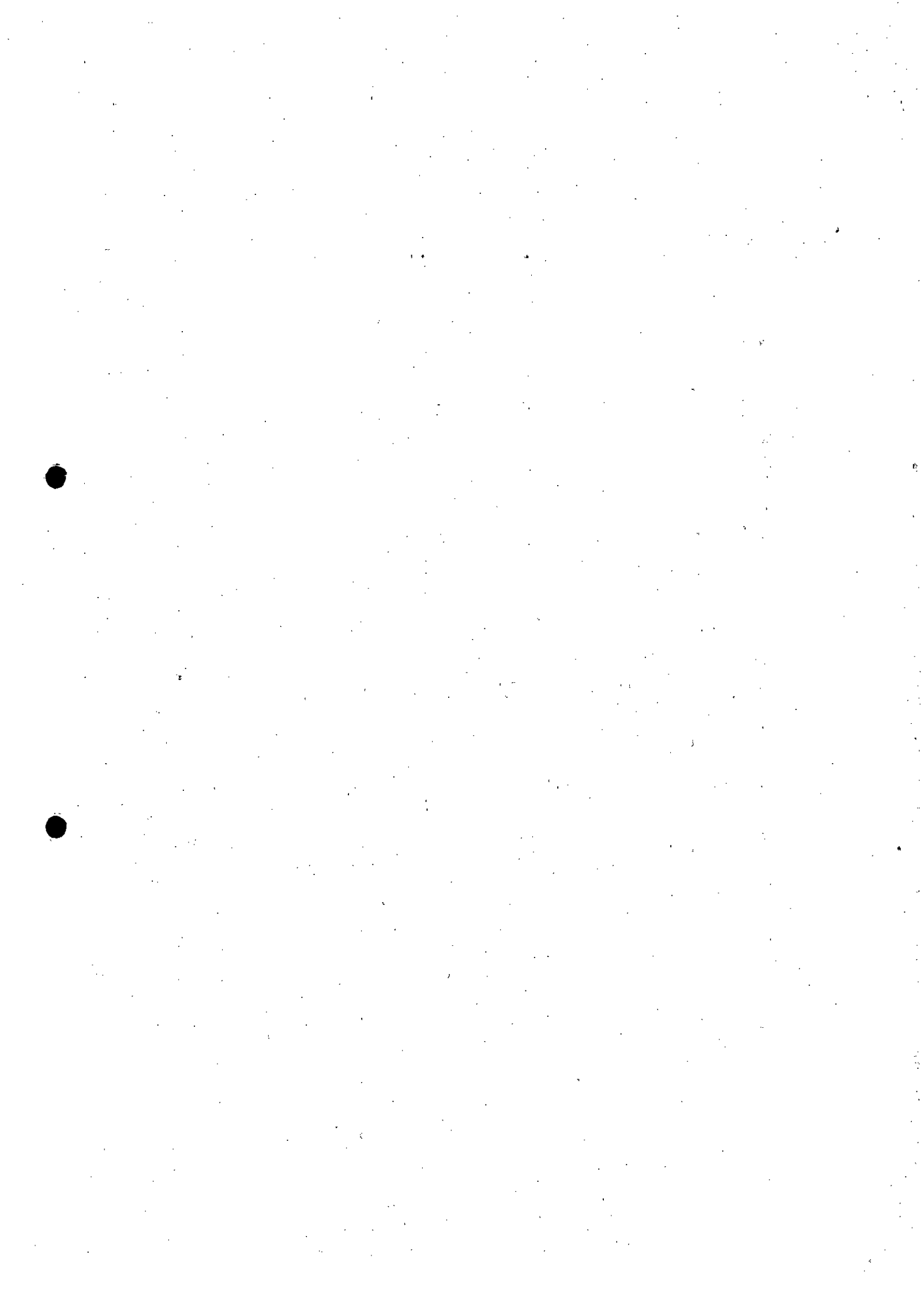


Figura A2.24 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 07/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



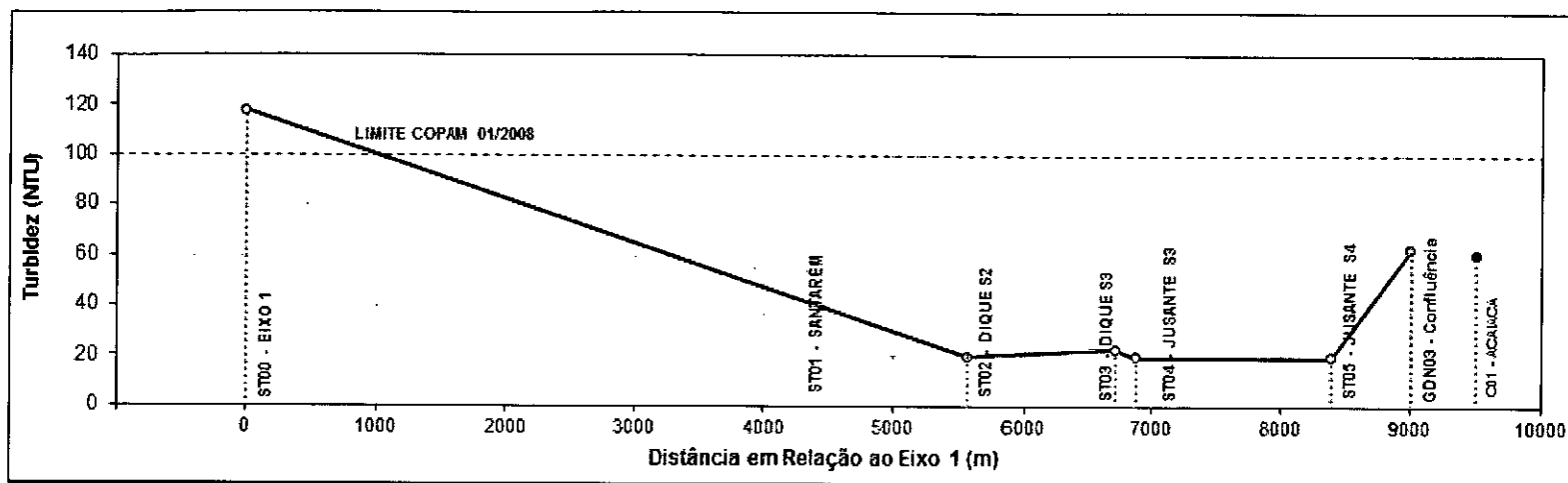


Figura A2.25 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 08/01/2017 – Córrego Santarém.

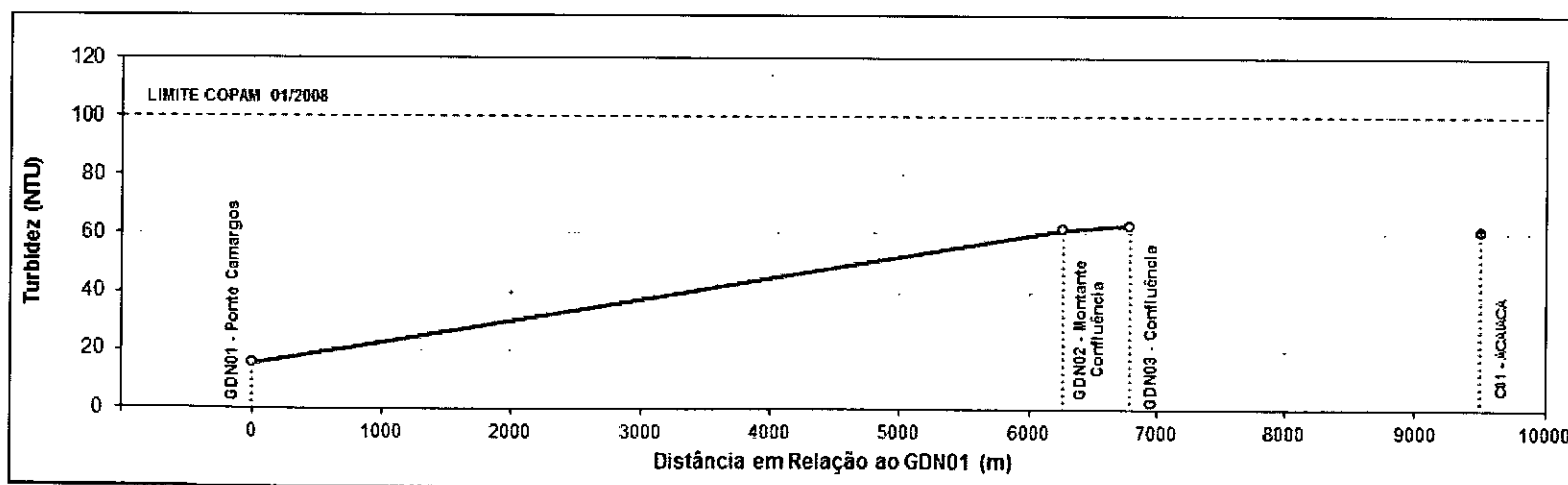
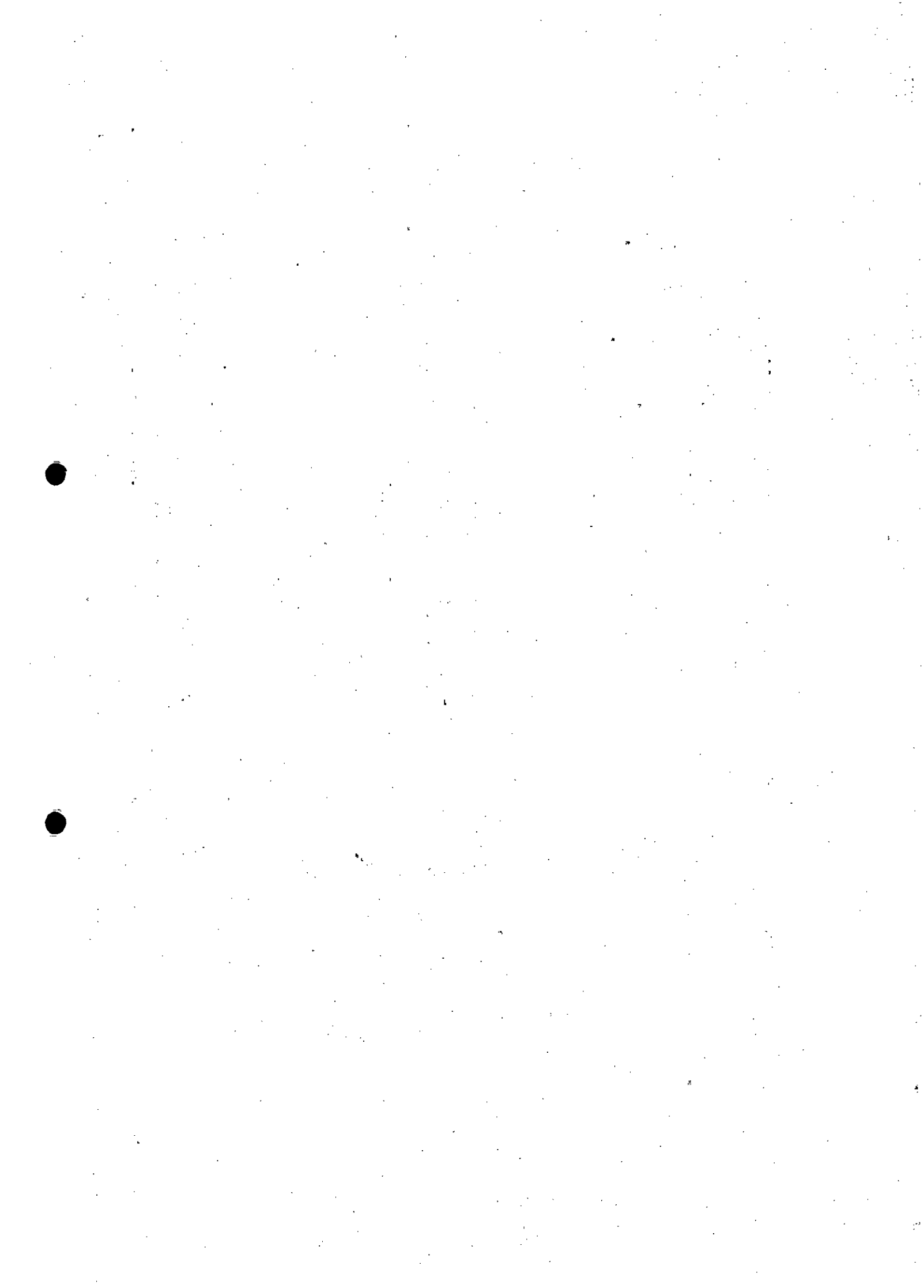


Figura A2.26 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 08/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



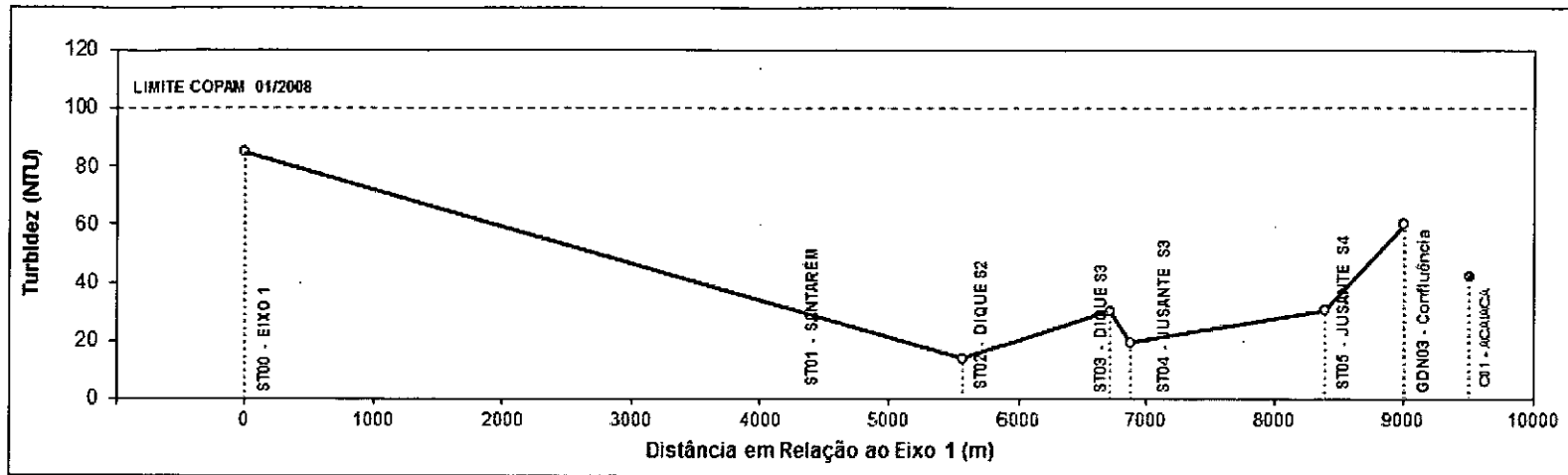


Figura A2.27 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 09/01/2017 – Córrego Santarém.

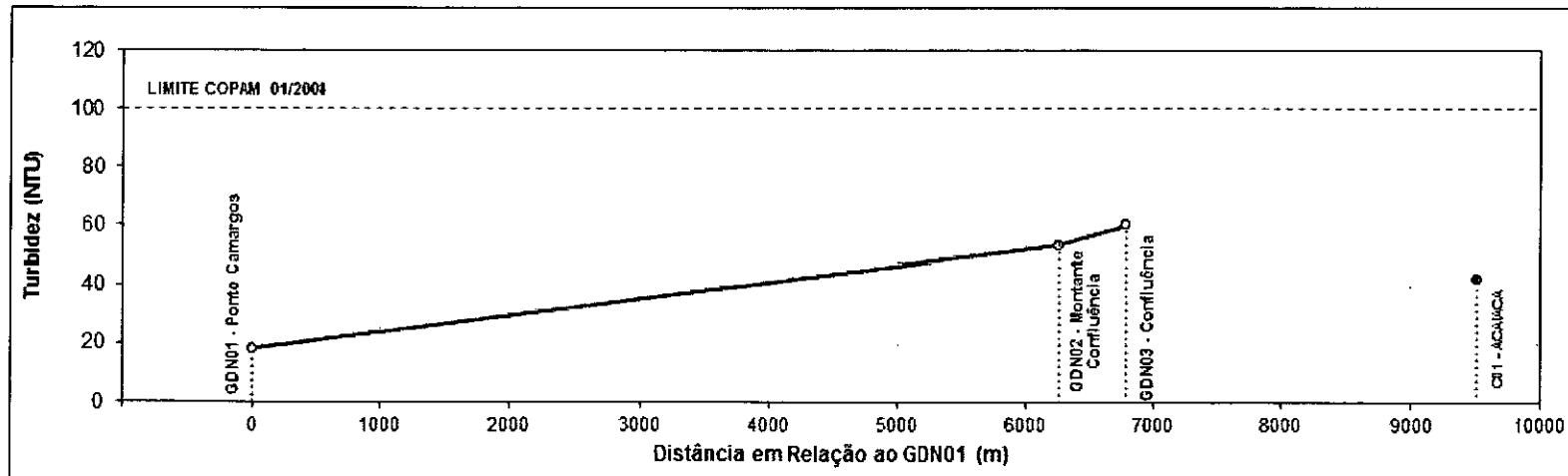


Figura A2.28 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 09/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.

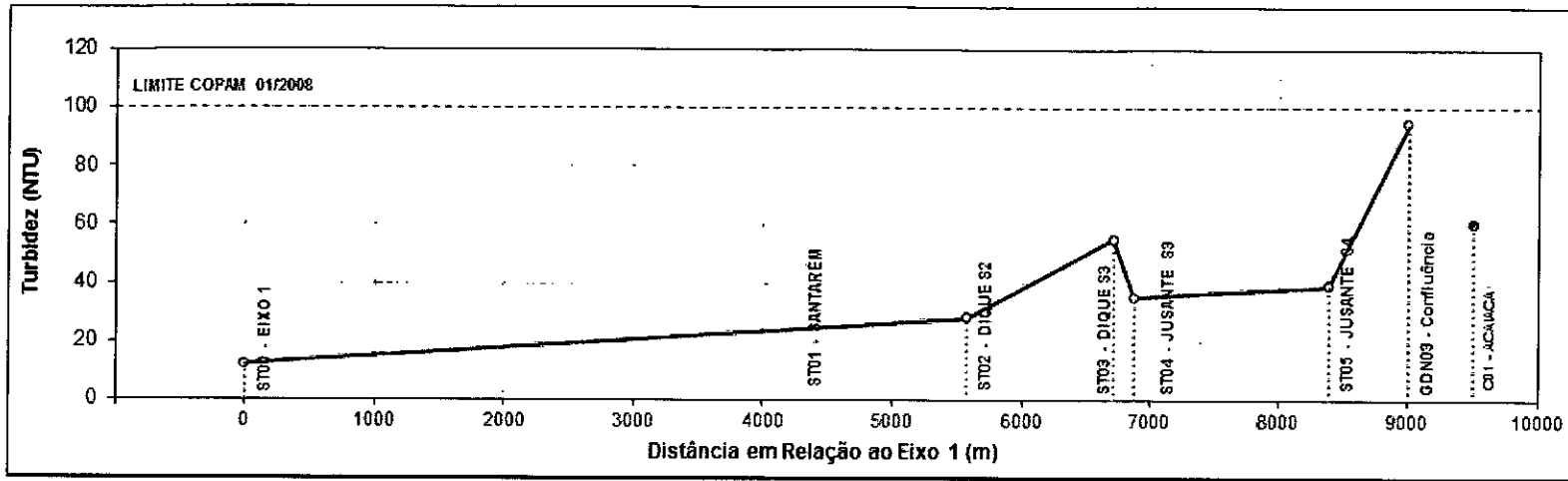


Figura A2.29 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 10/01/2017 – Córrego Santarém.

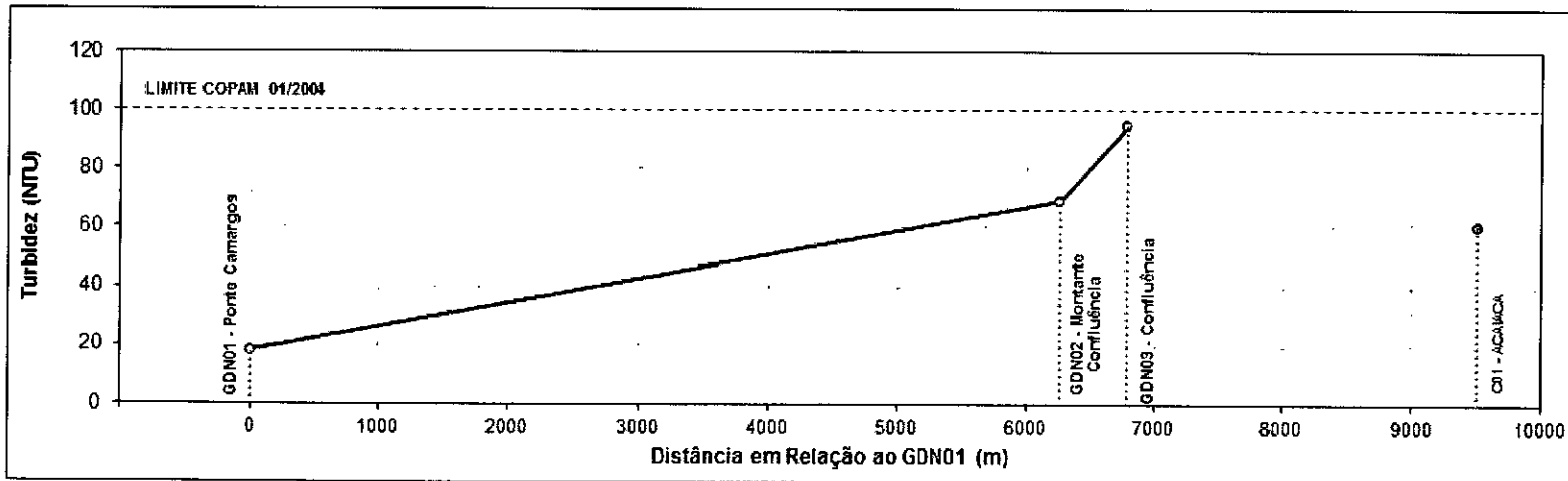
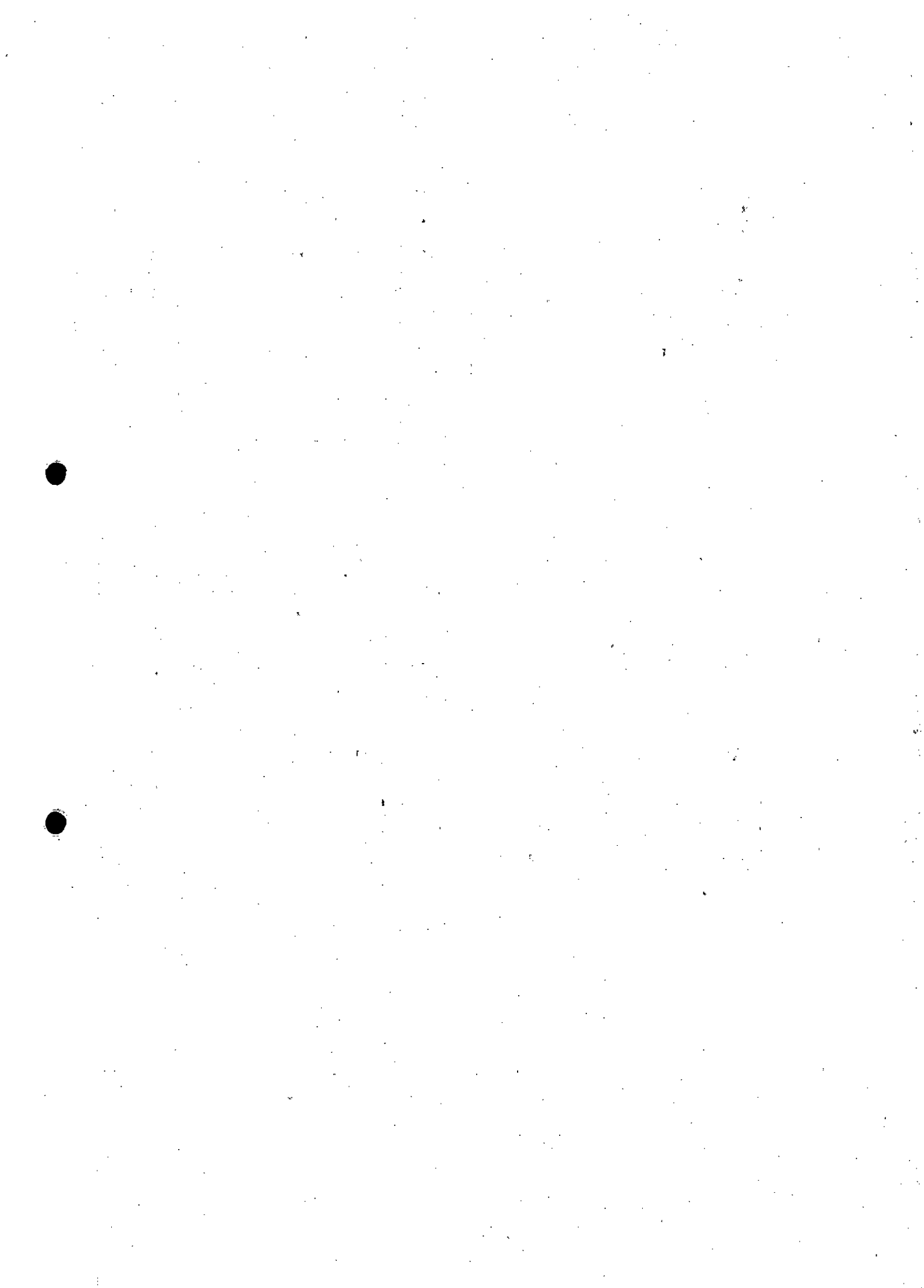


Figura A2.30 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 10/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



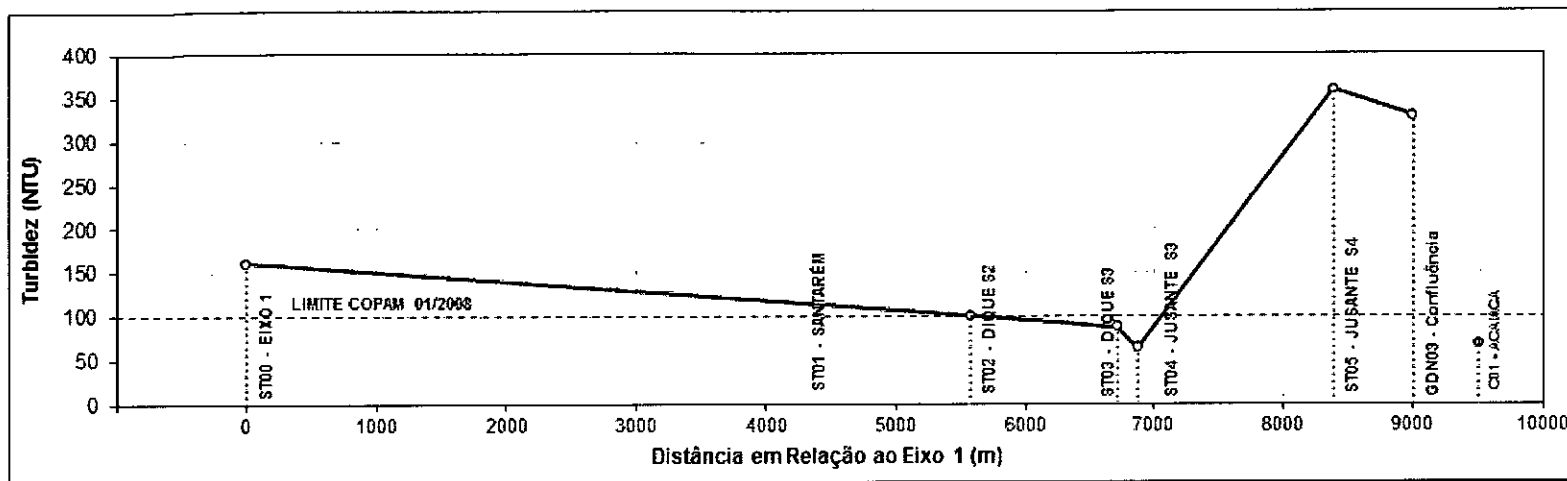


Figura A2.31 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 11/01/2017 – Córrego Santarém.

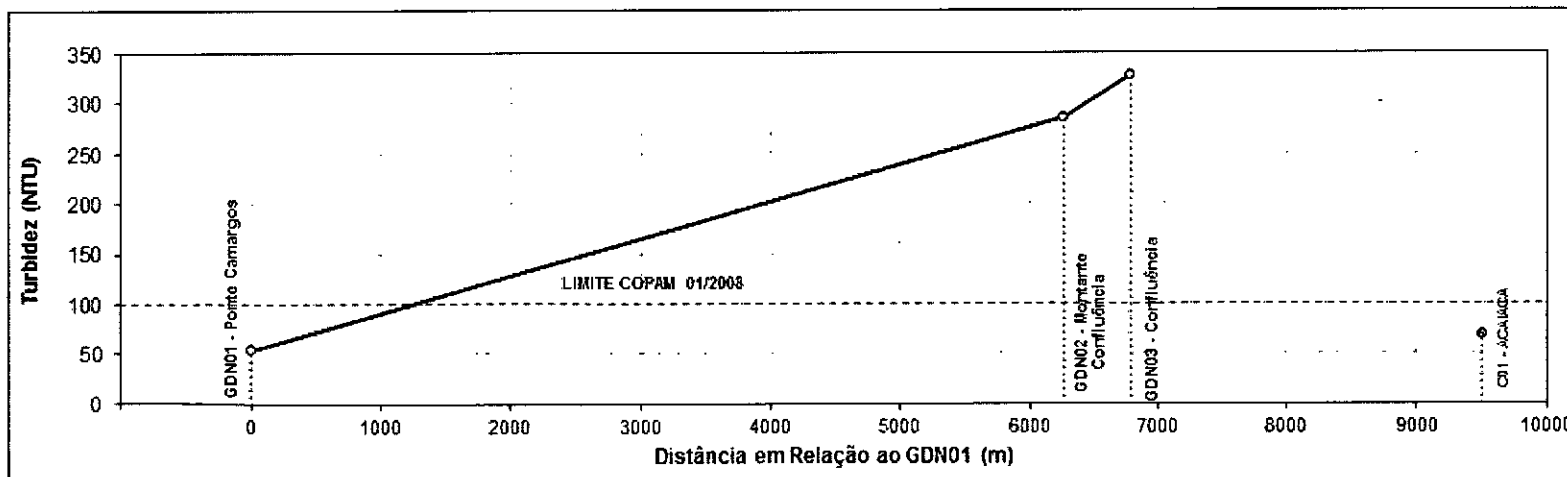
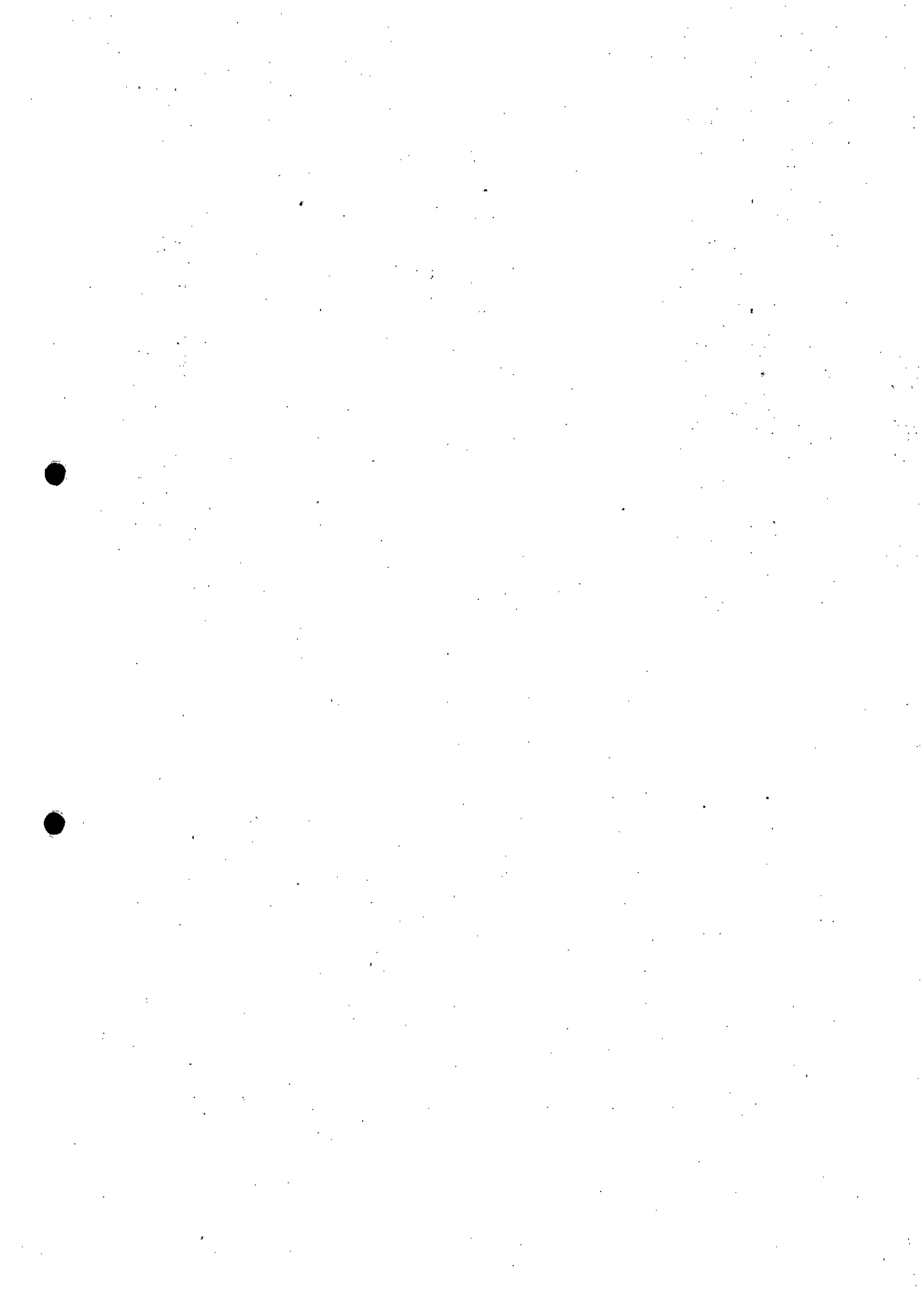


Figura A2.32 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 11/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



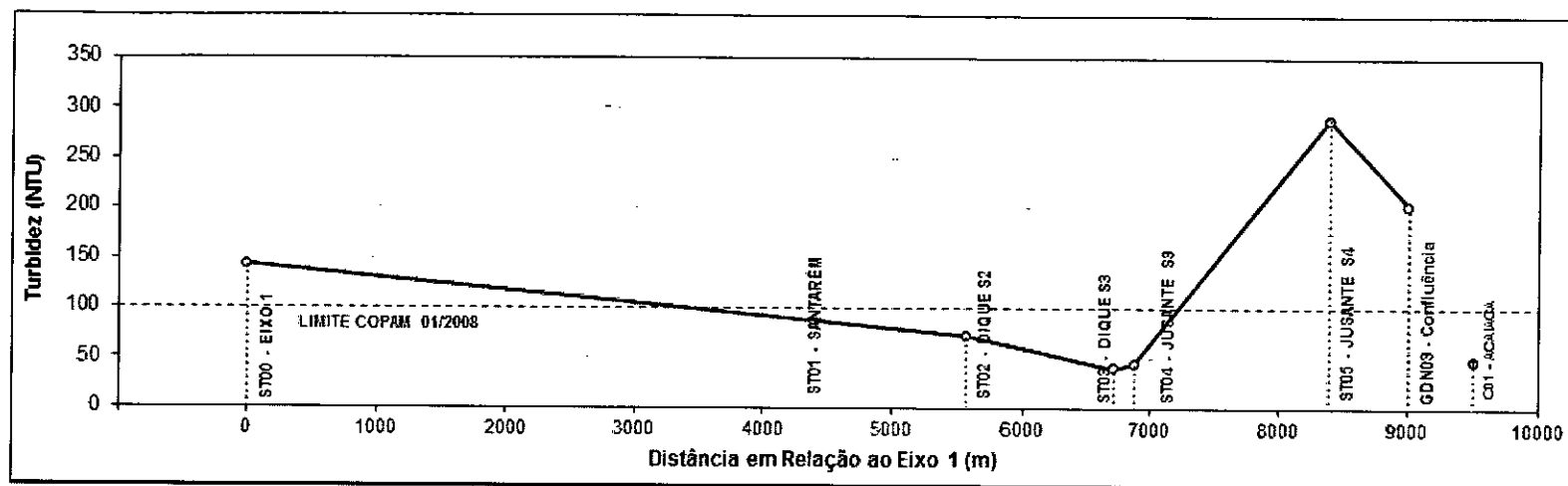


Figura A2.33 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 12/01/2017 – Córrego Santarém.

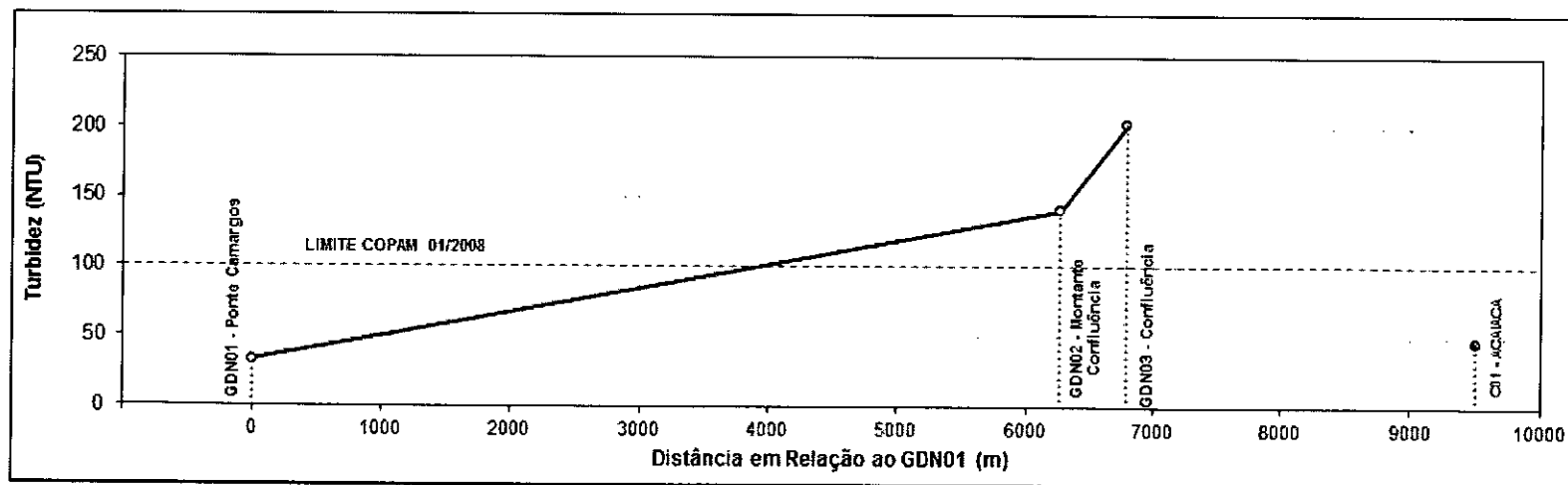
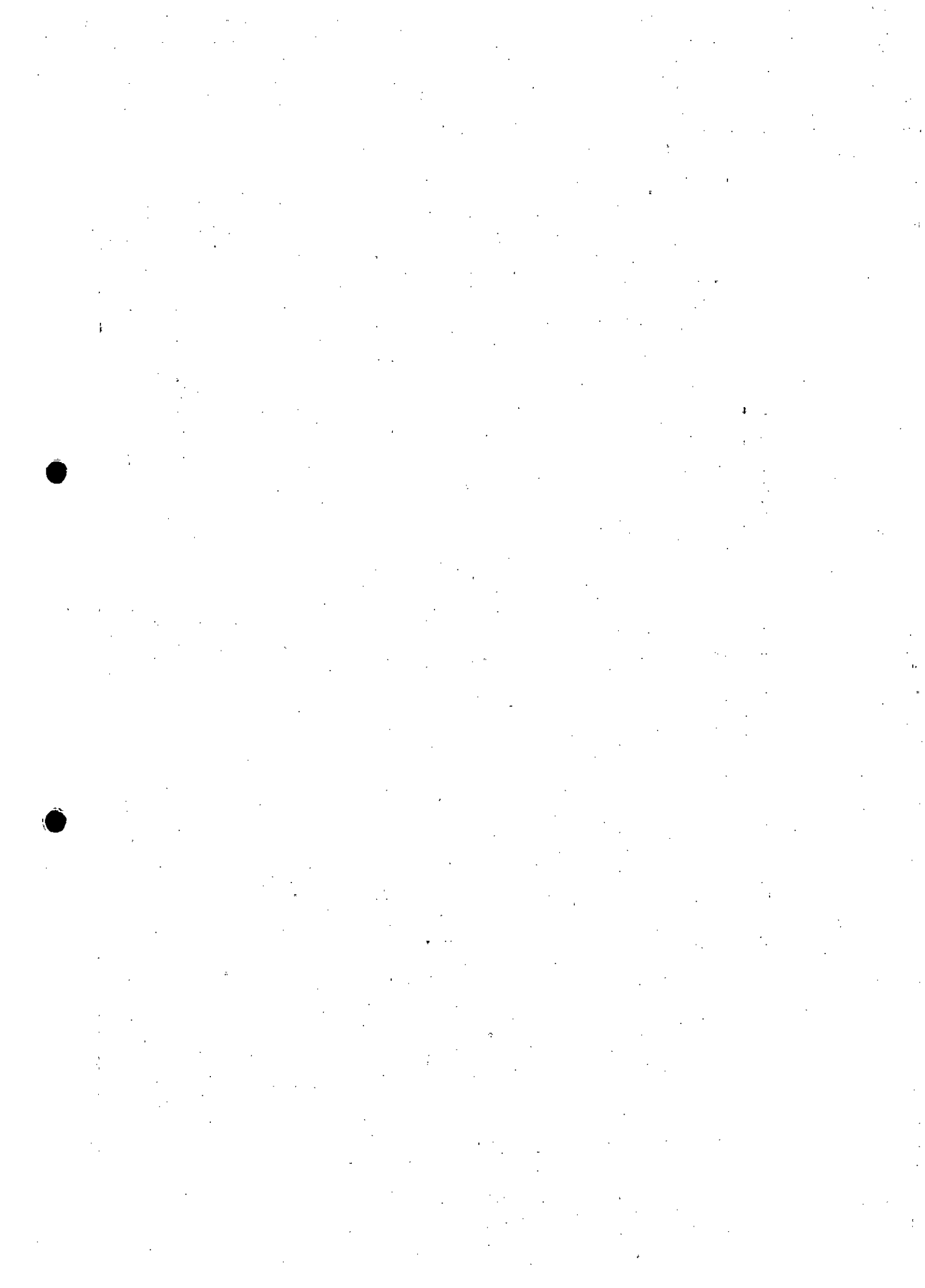


Figura A2.34 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 12/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



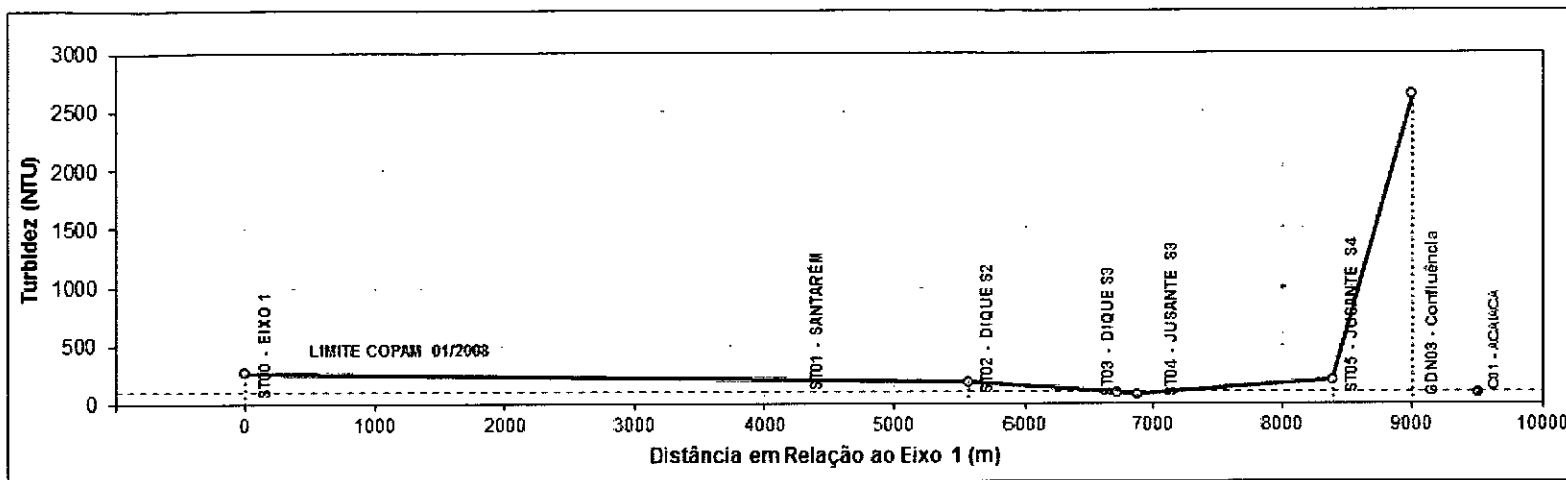


Figura A2.35 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 13/01/2017 – Córrego Santarém.

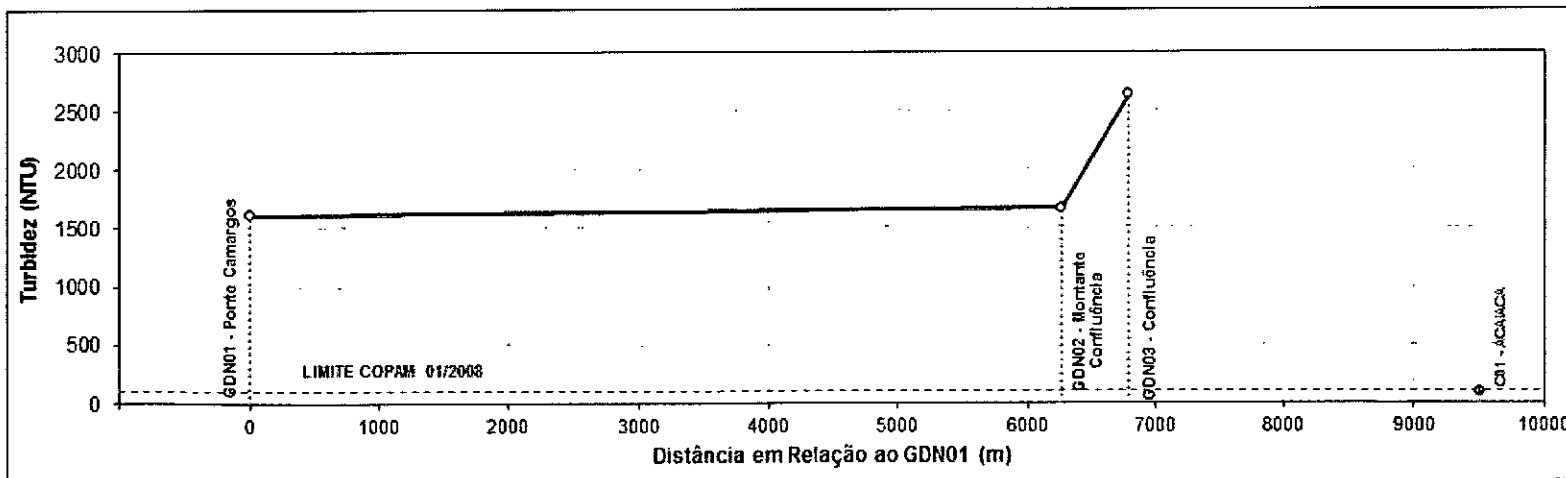
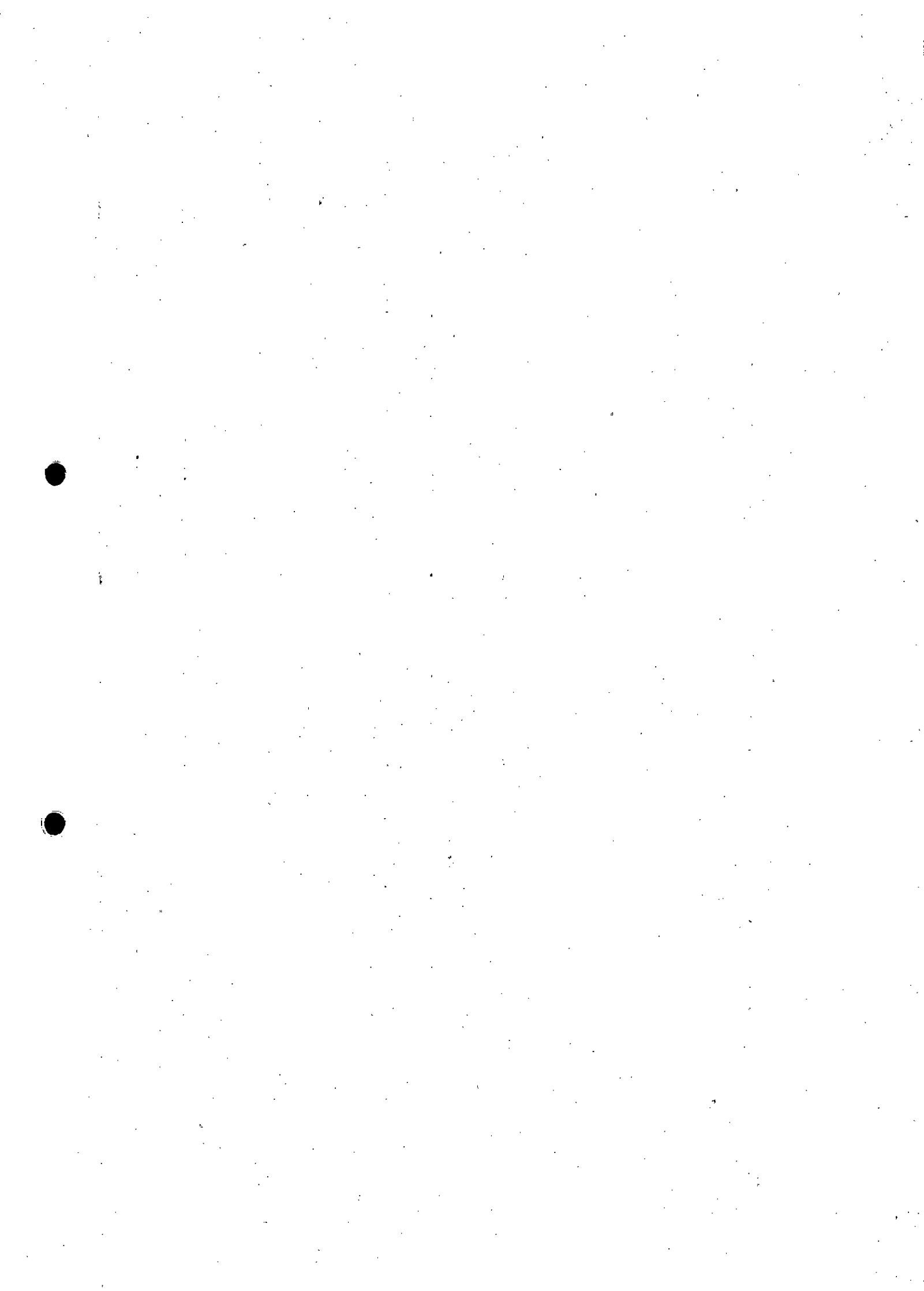


Figura A2.36 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 13/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



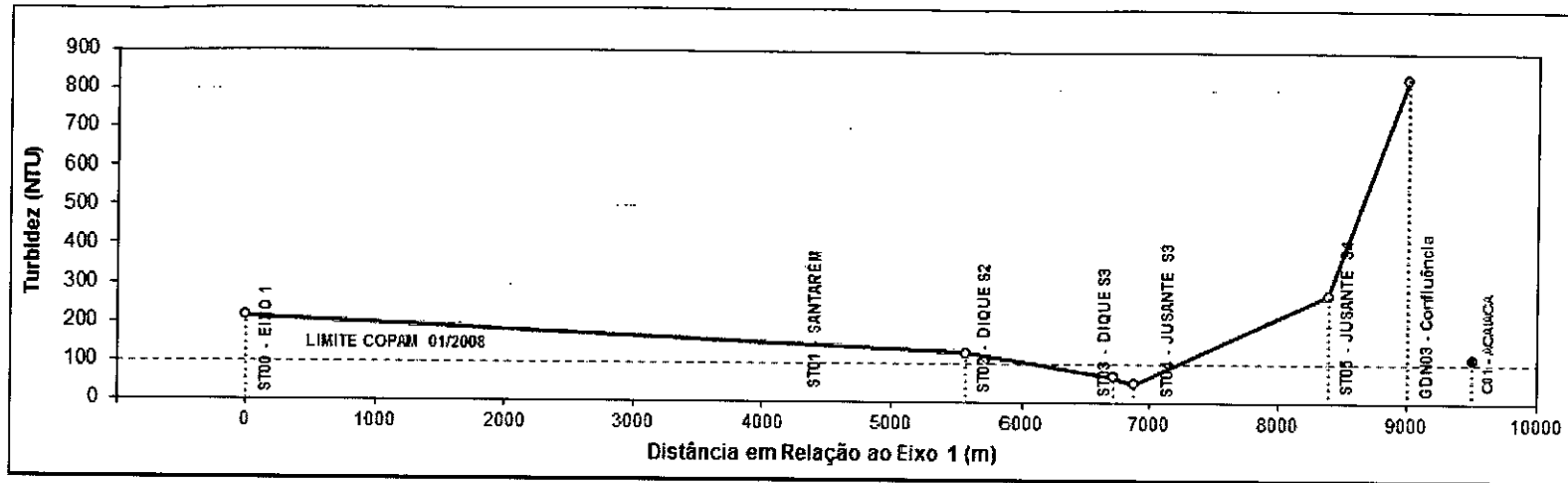


Figura A2.37 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 14/01/2017 – Córrego Santarém.

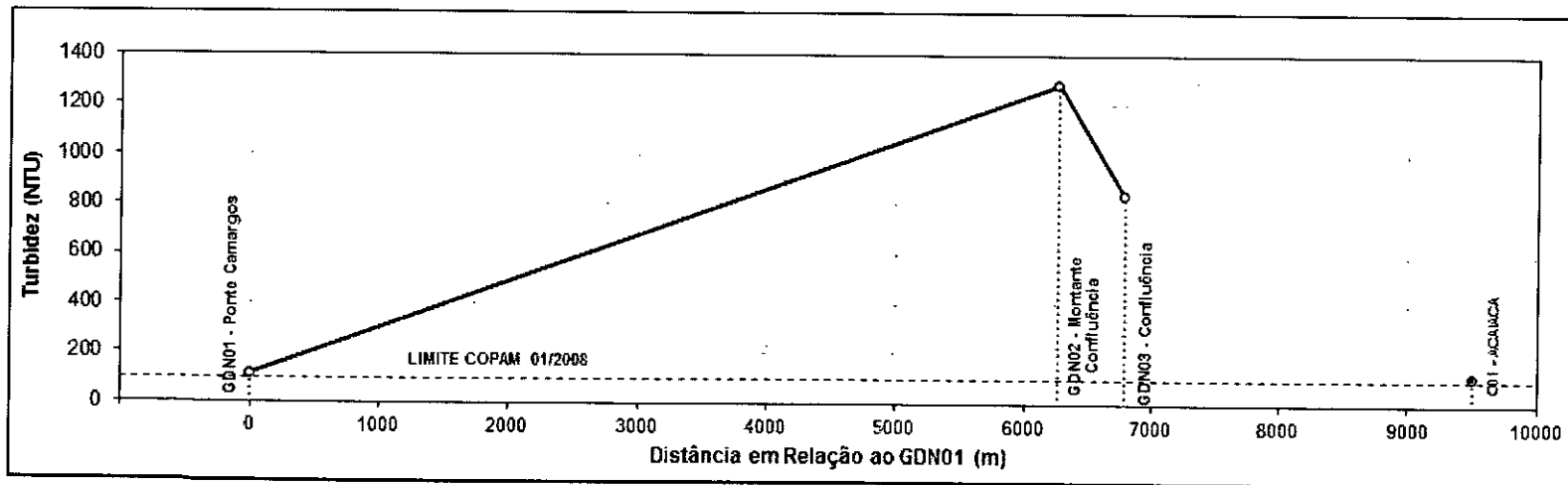
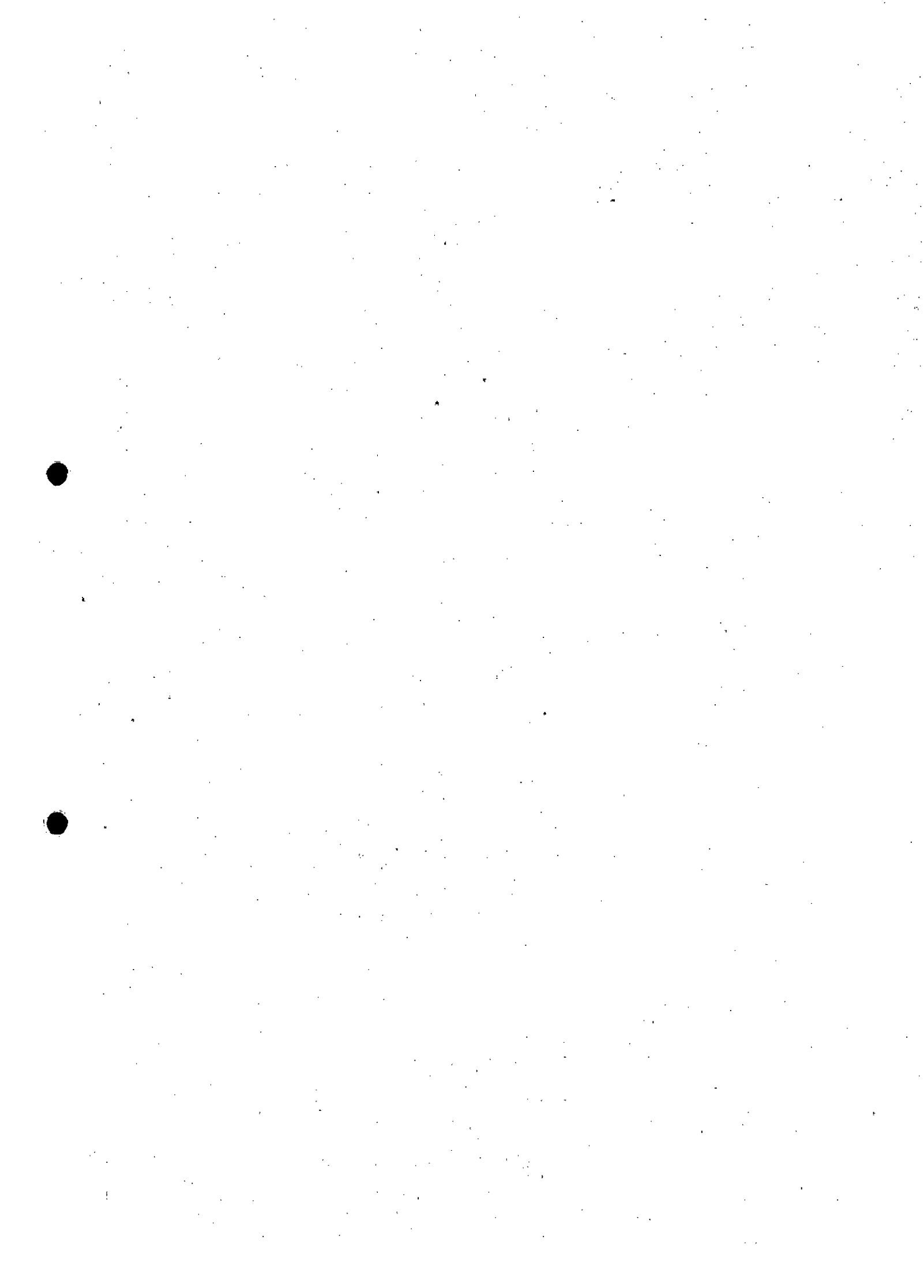


Figura A2.38 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 14/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



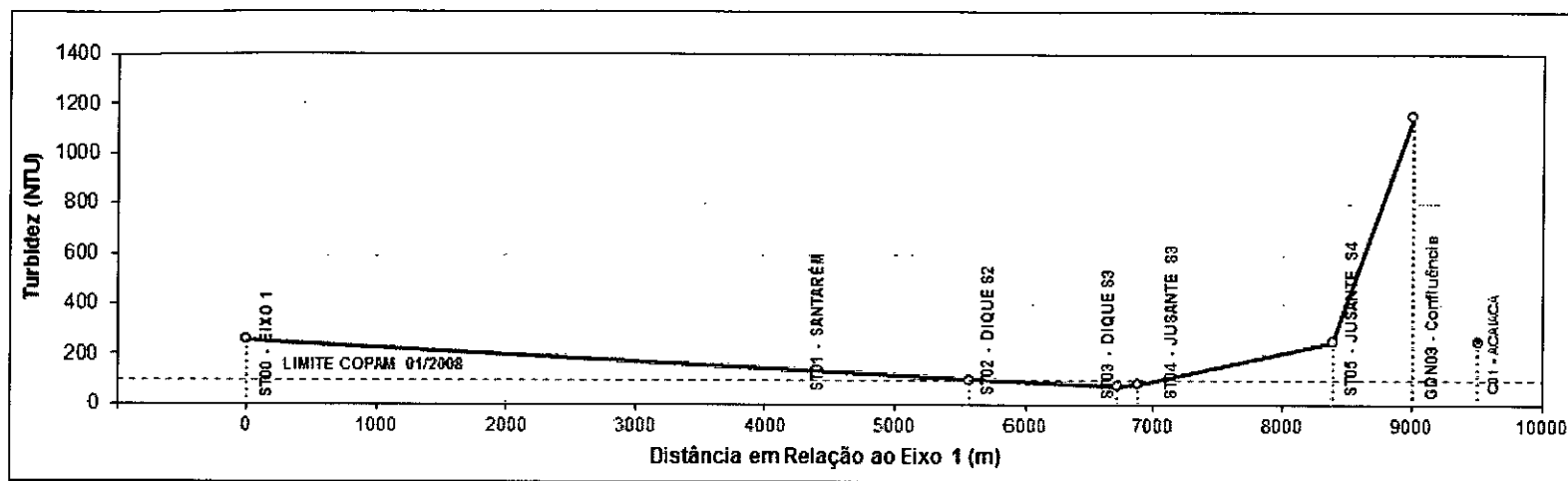


Figura A2.39 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 15/01/2017 – Córrego Santarém.

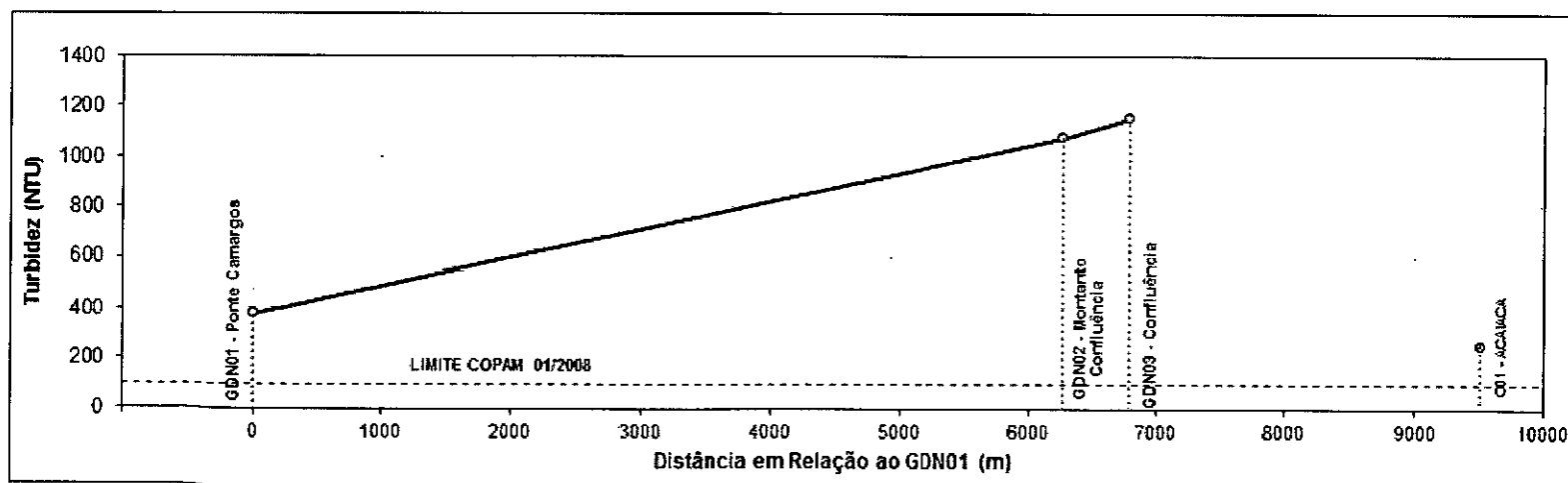
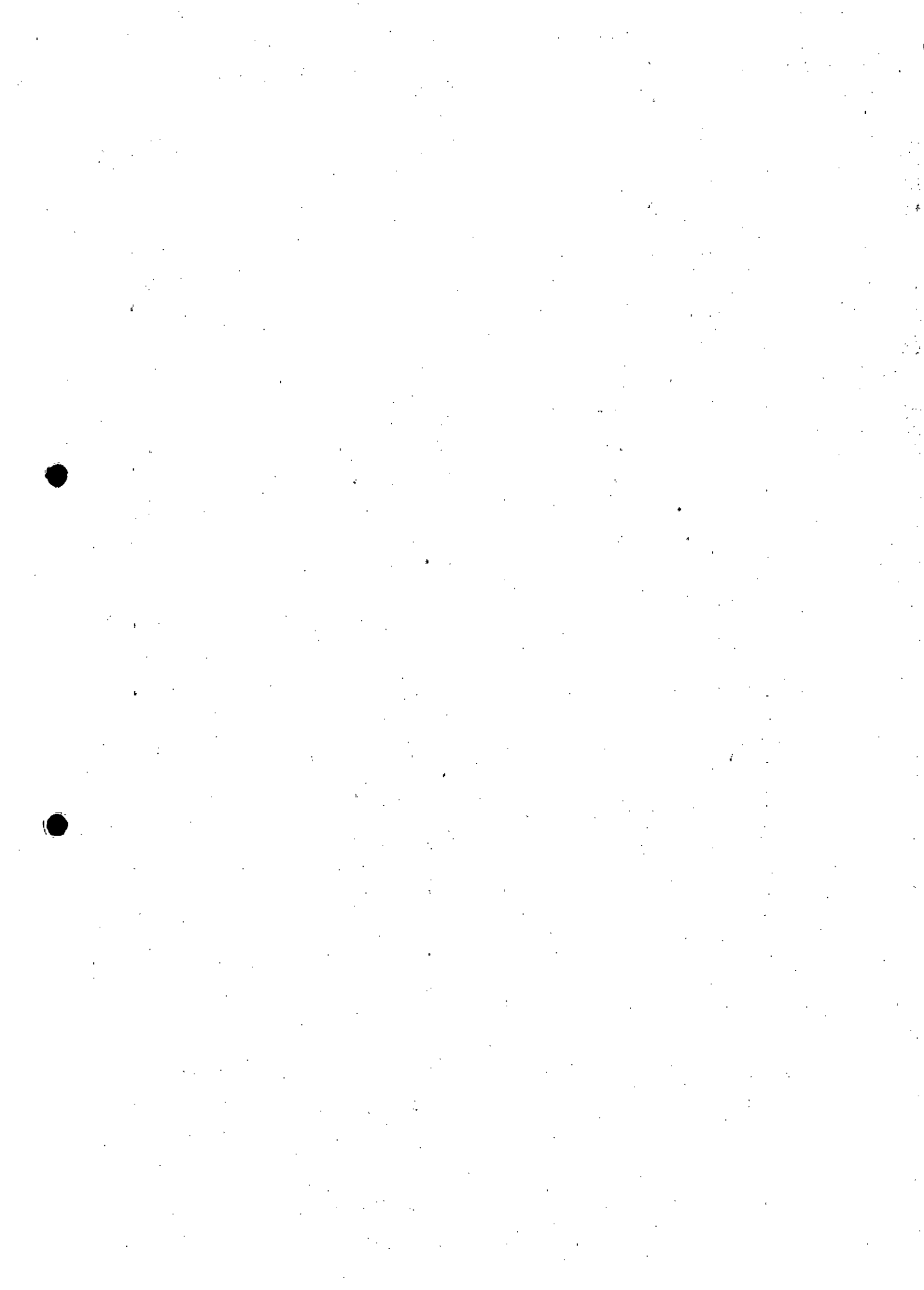


Figura A2.40 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 15/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



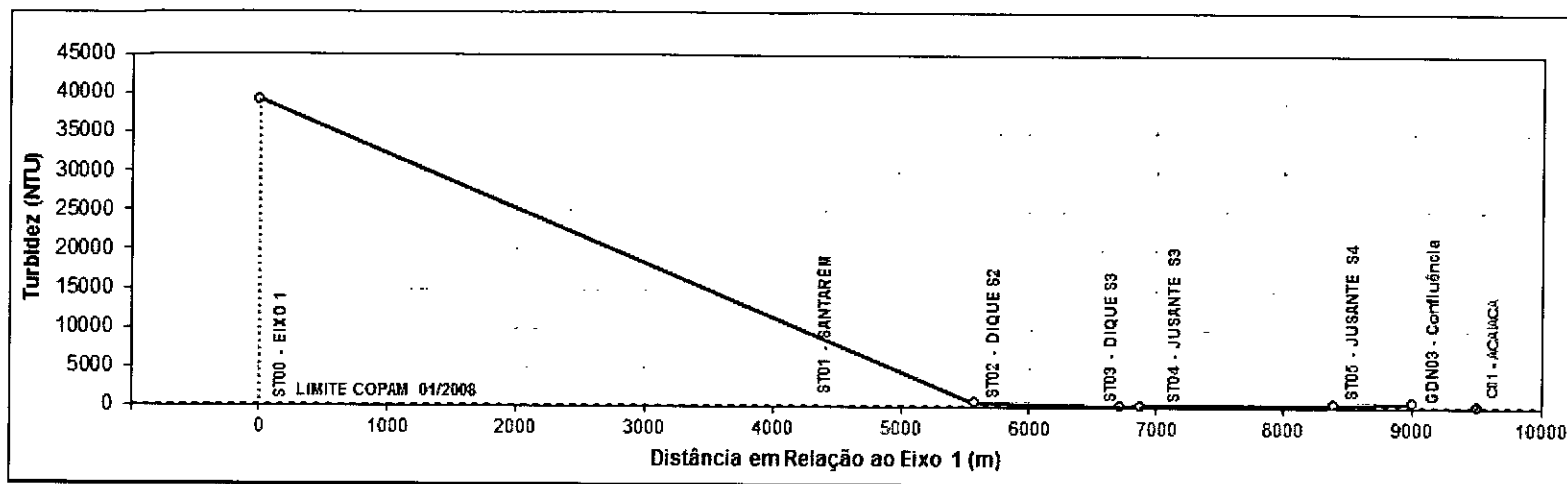


Figura A2.41 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 16/01/2017 – Córrego Santarém.

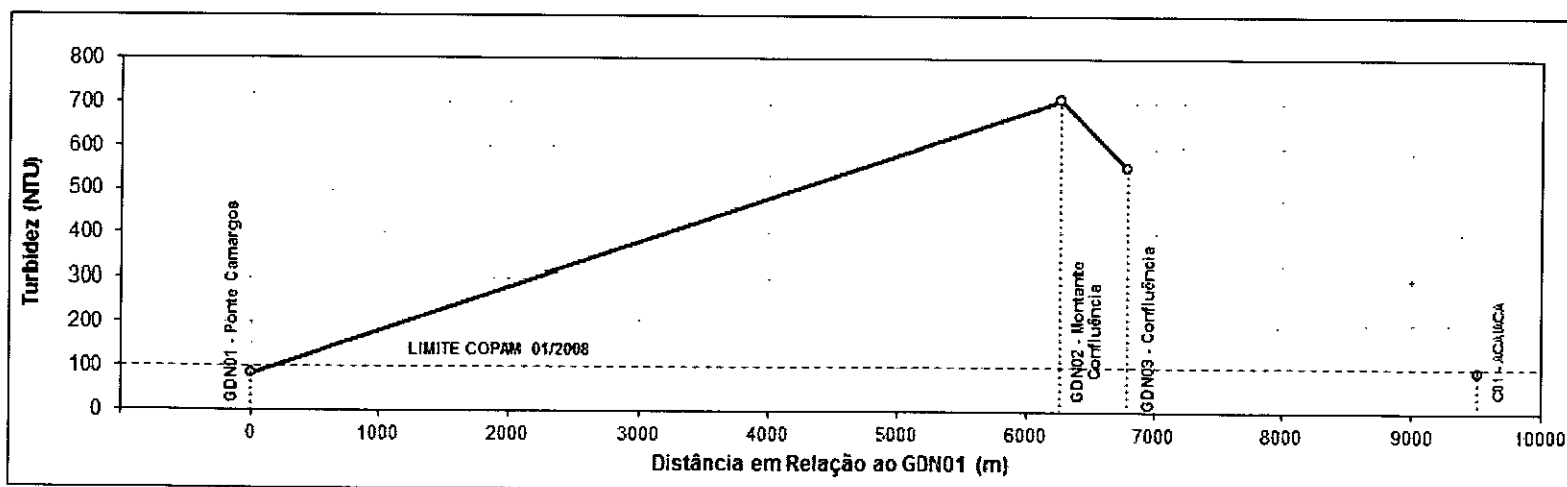
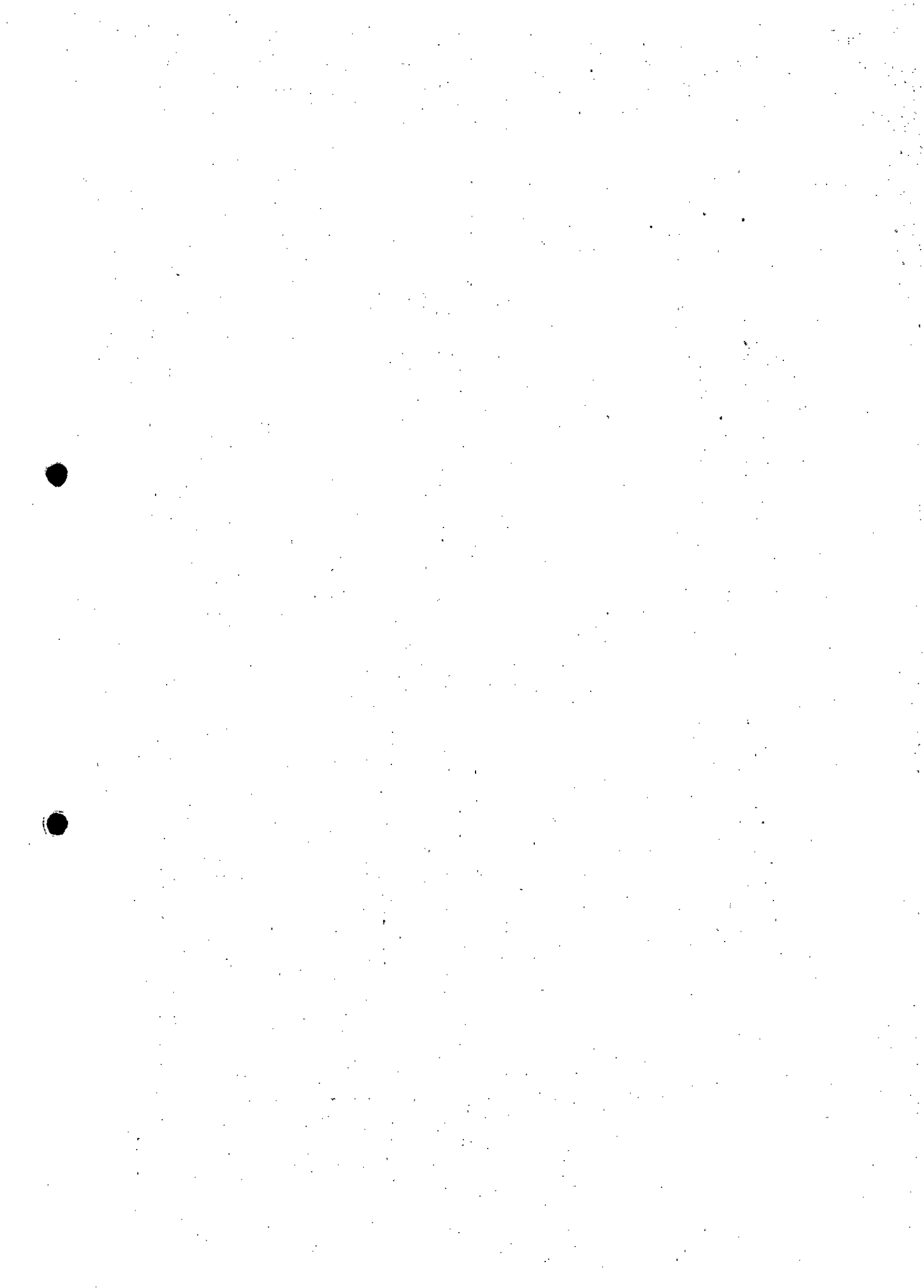


Figura A2.42 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 16/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



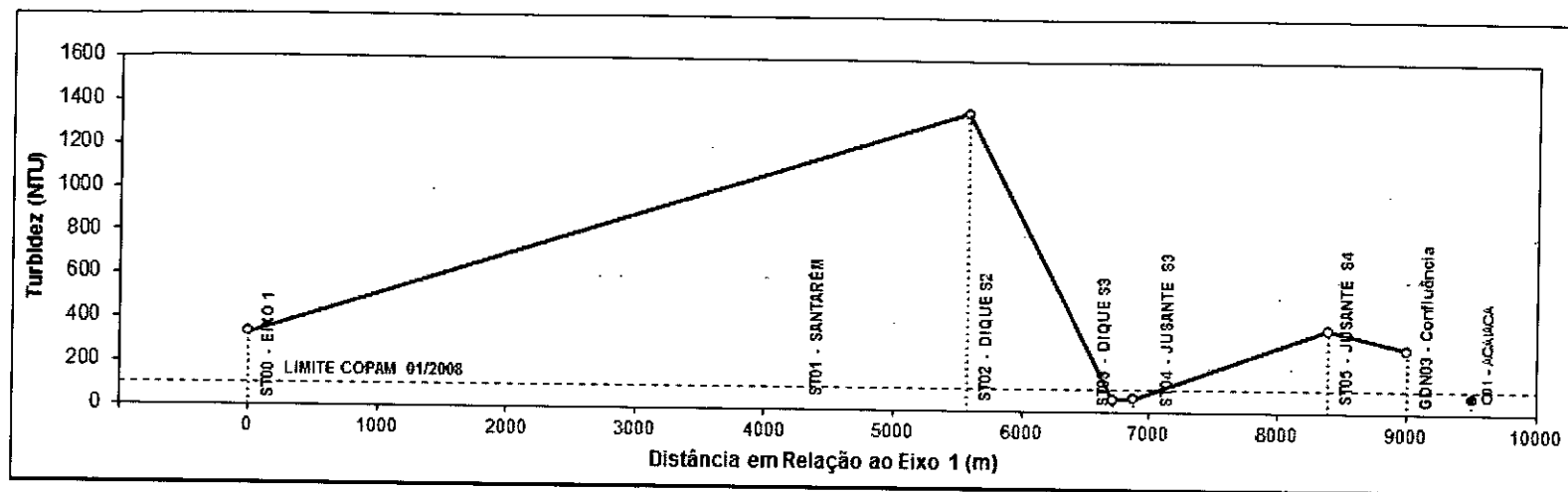


Figura A2.43 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 17/01/2017 – Córrego Santarém.

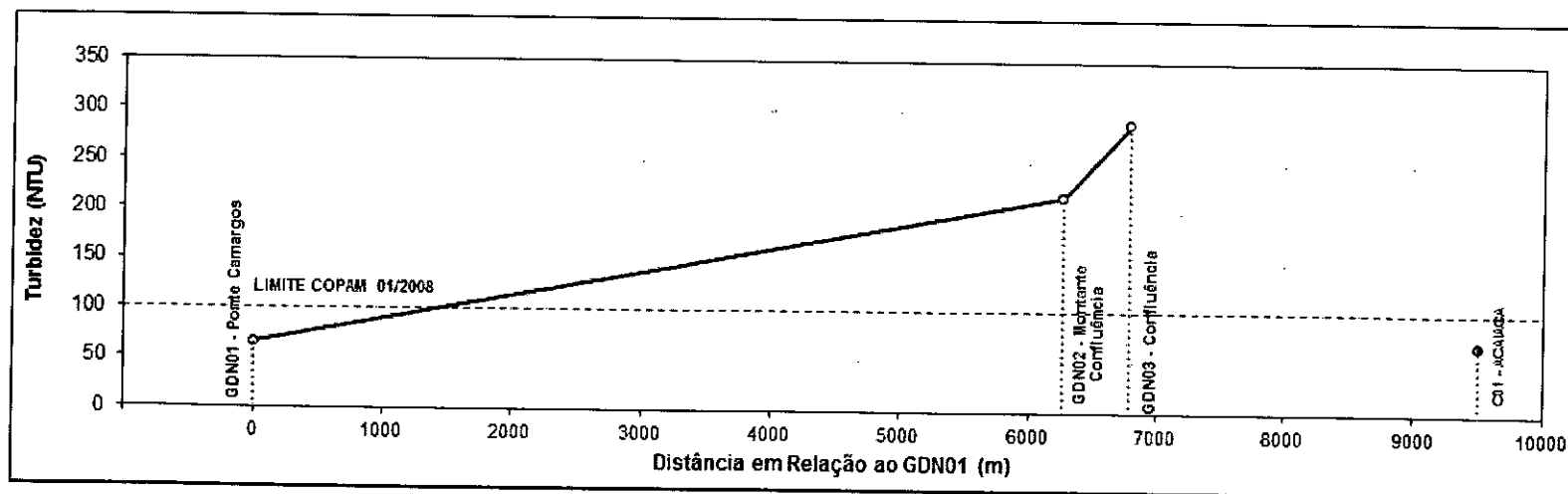


Figura A2.44 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 17/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



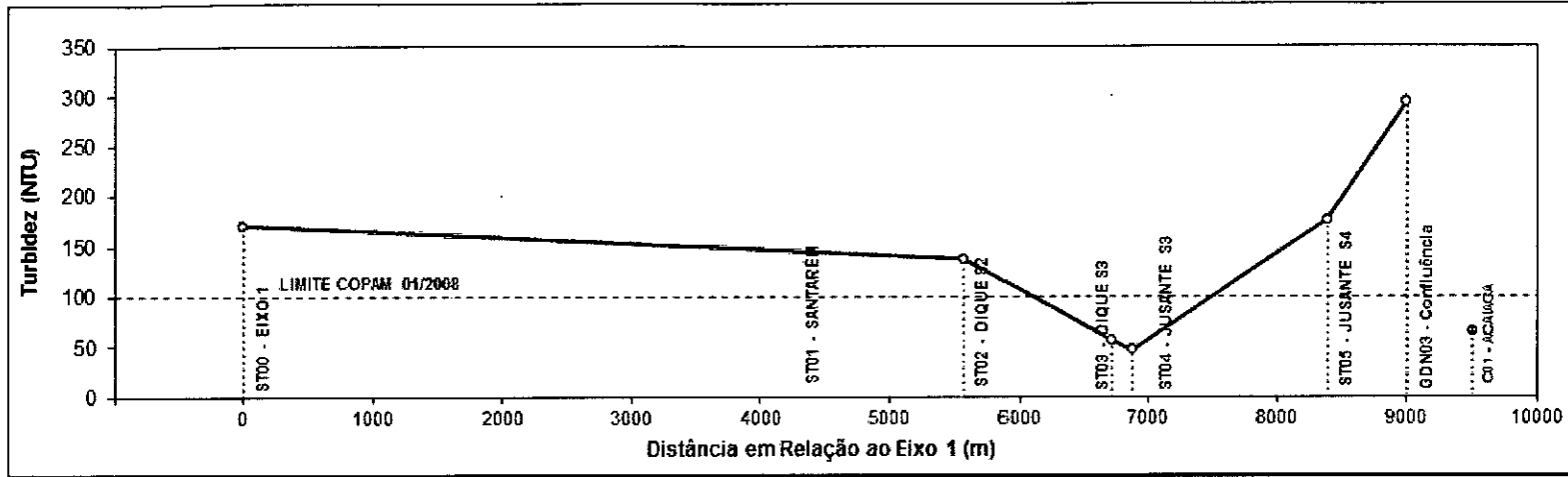


Figura A2.45 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 18/01/2017 – Córrego Santarém.

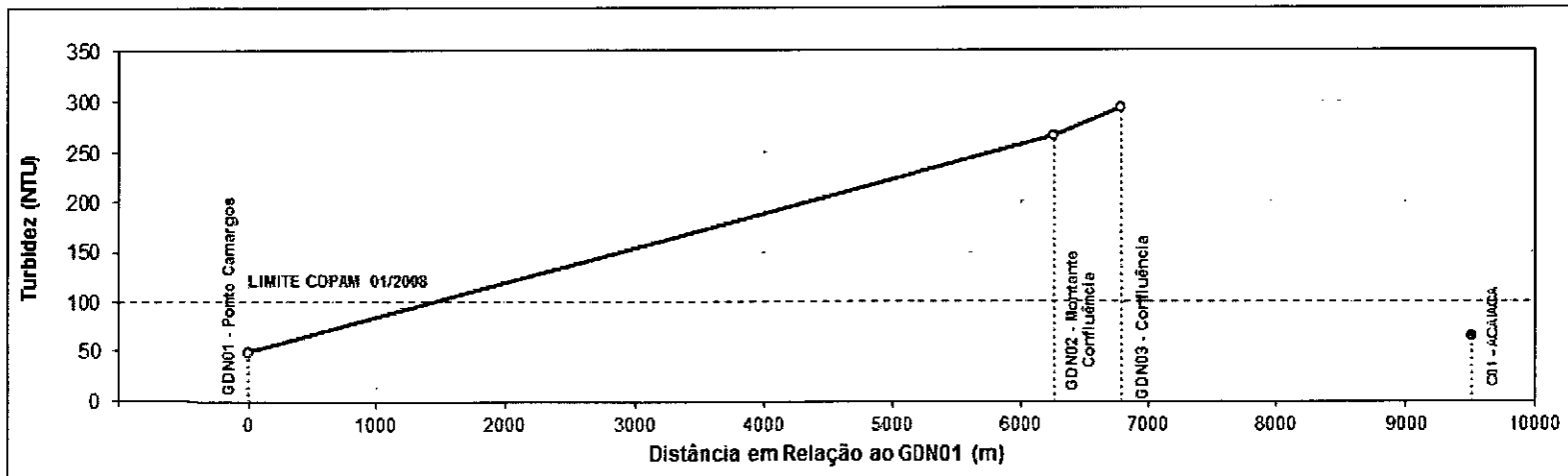
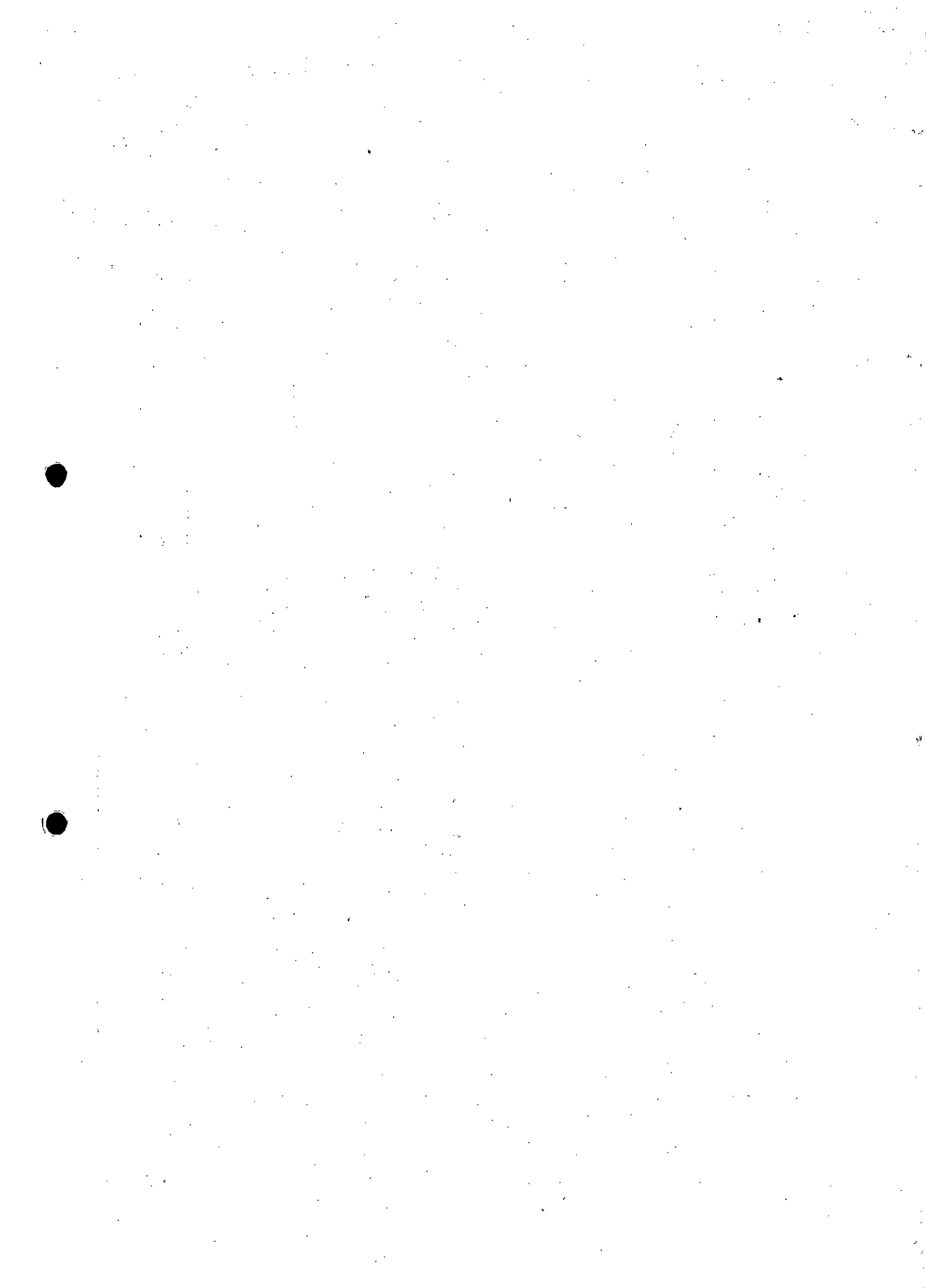


Figura A2.46 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 18/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



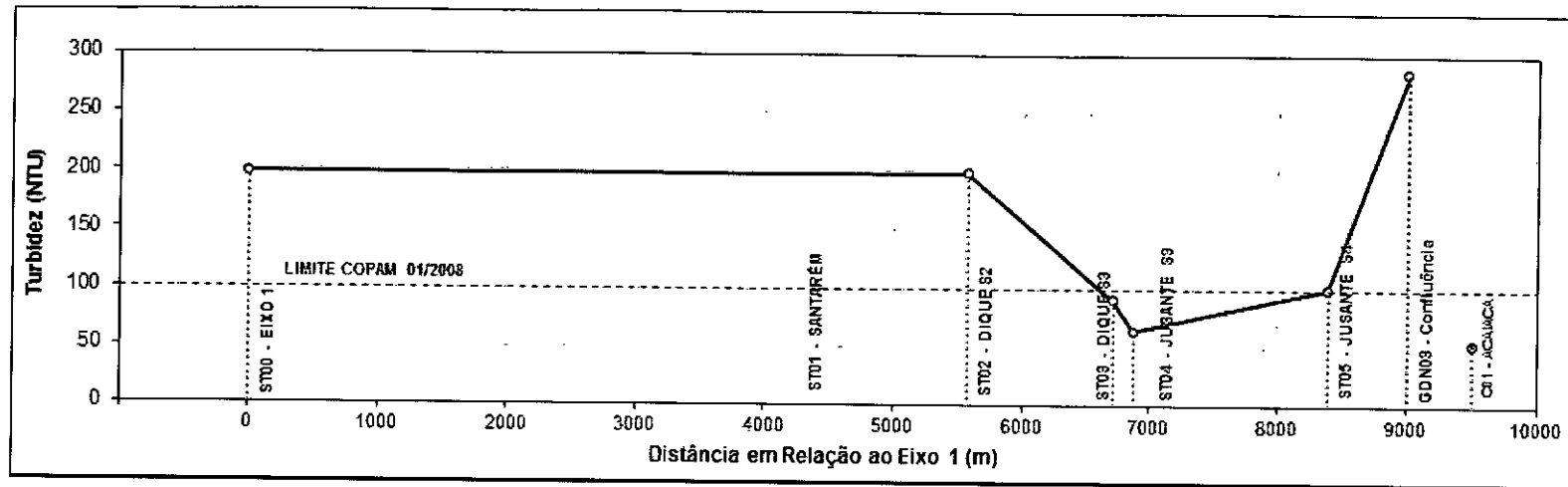


Figura A2.47 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 19/01/2017 – Córrego Santarém.

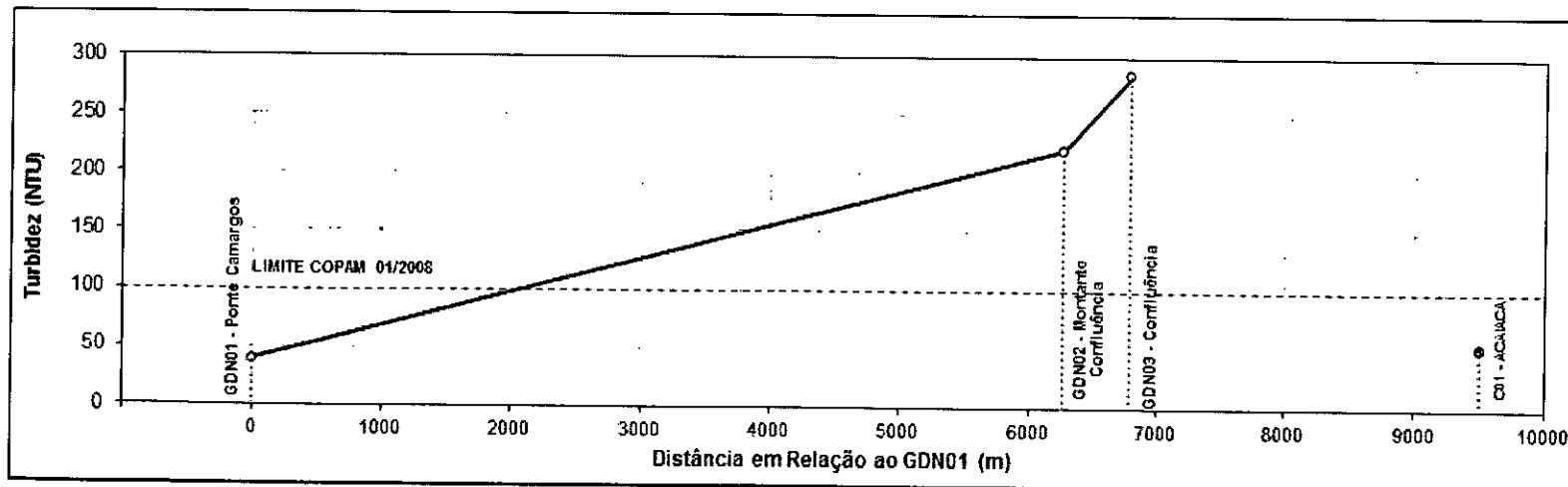
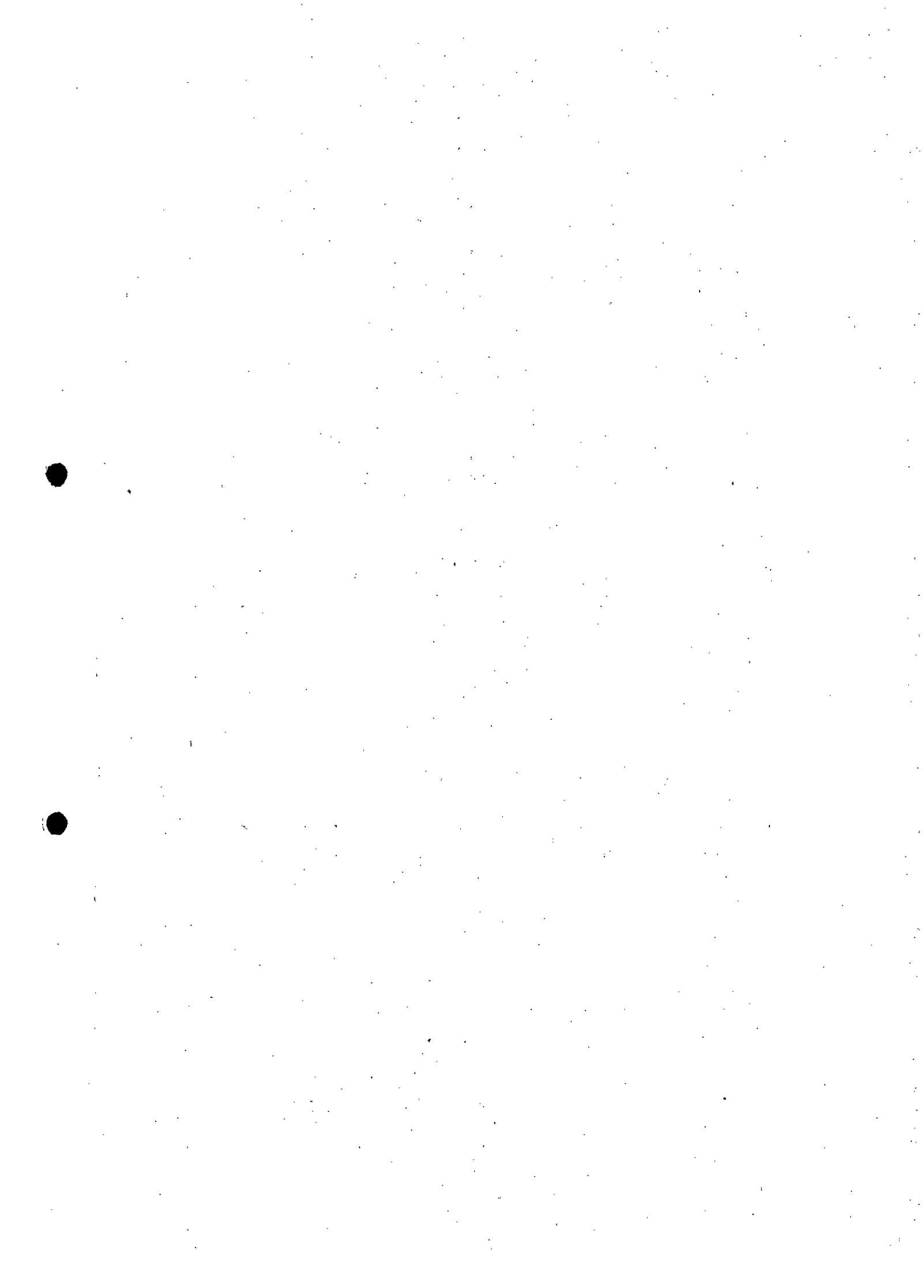


Figura A2.48 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 19/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



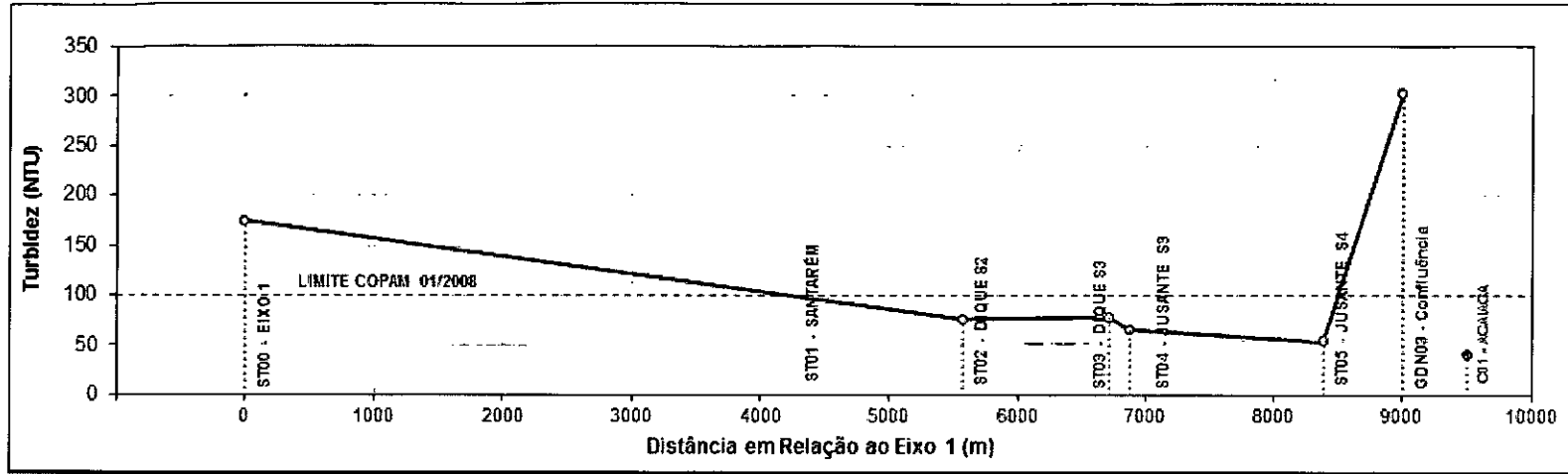


Figura A2.49 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 20/01/2017 – Córrego Santarém.

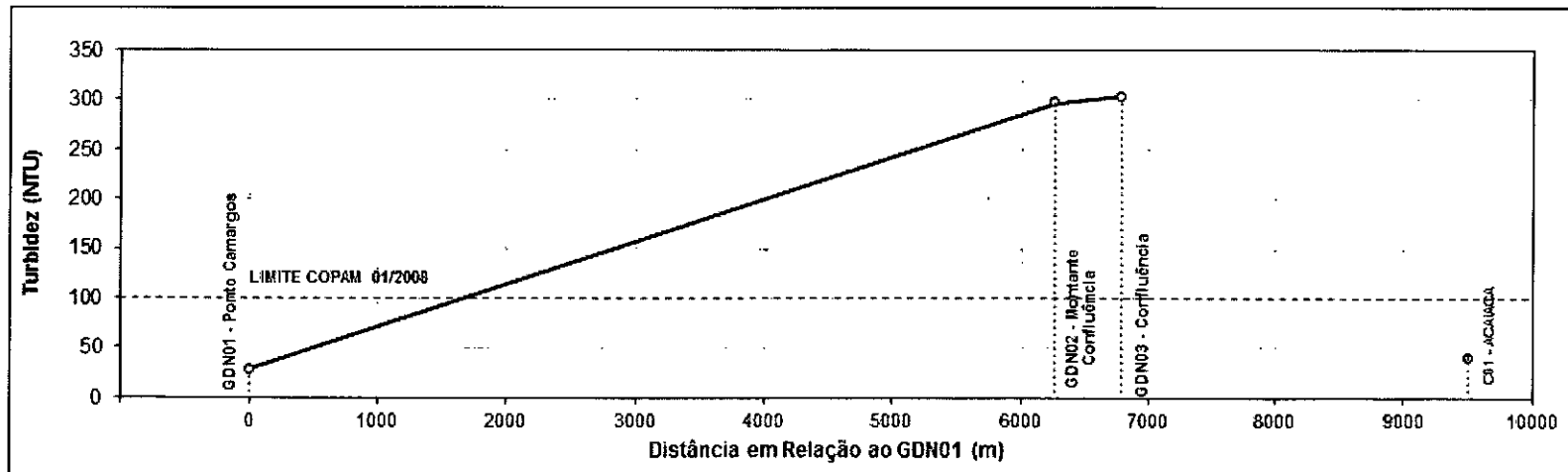
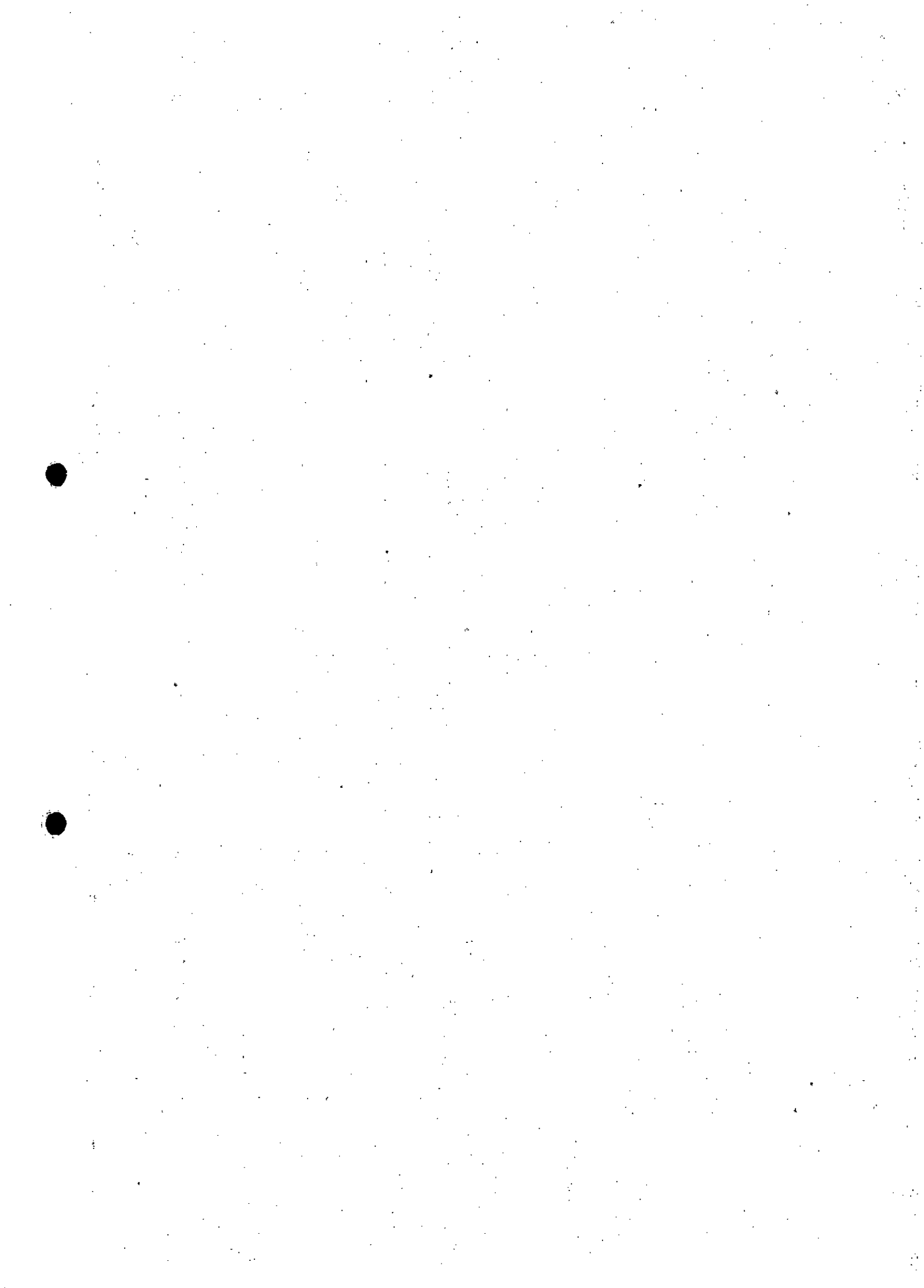


Figura A2.50 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 20/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



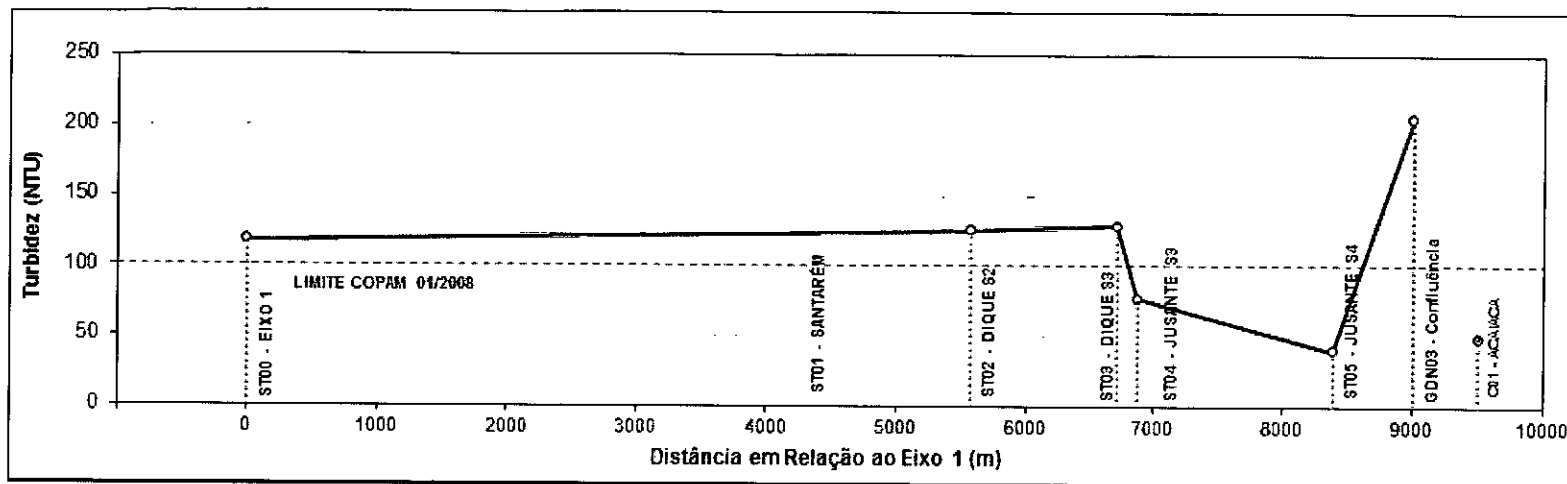


Figura A2.51 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 21/01/2017 – Córrego Santarém.

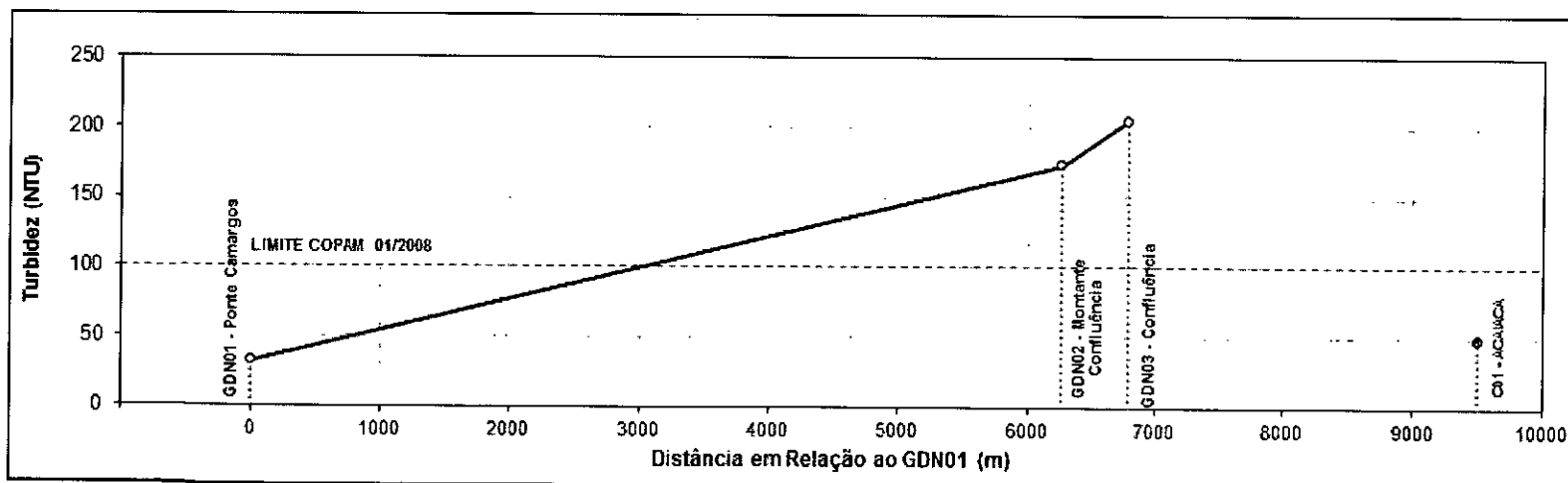
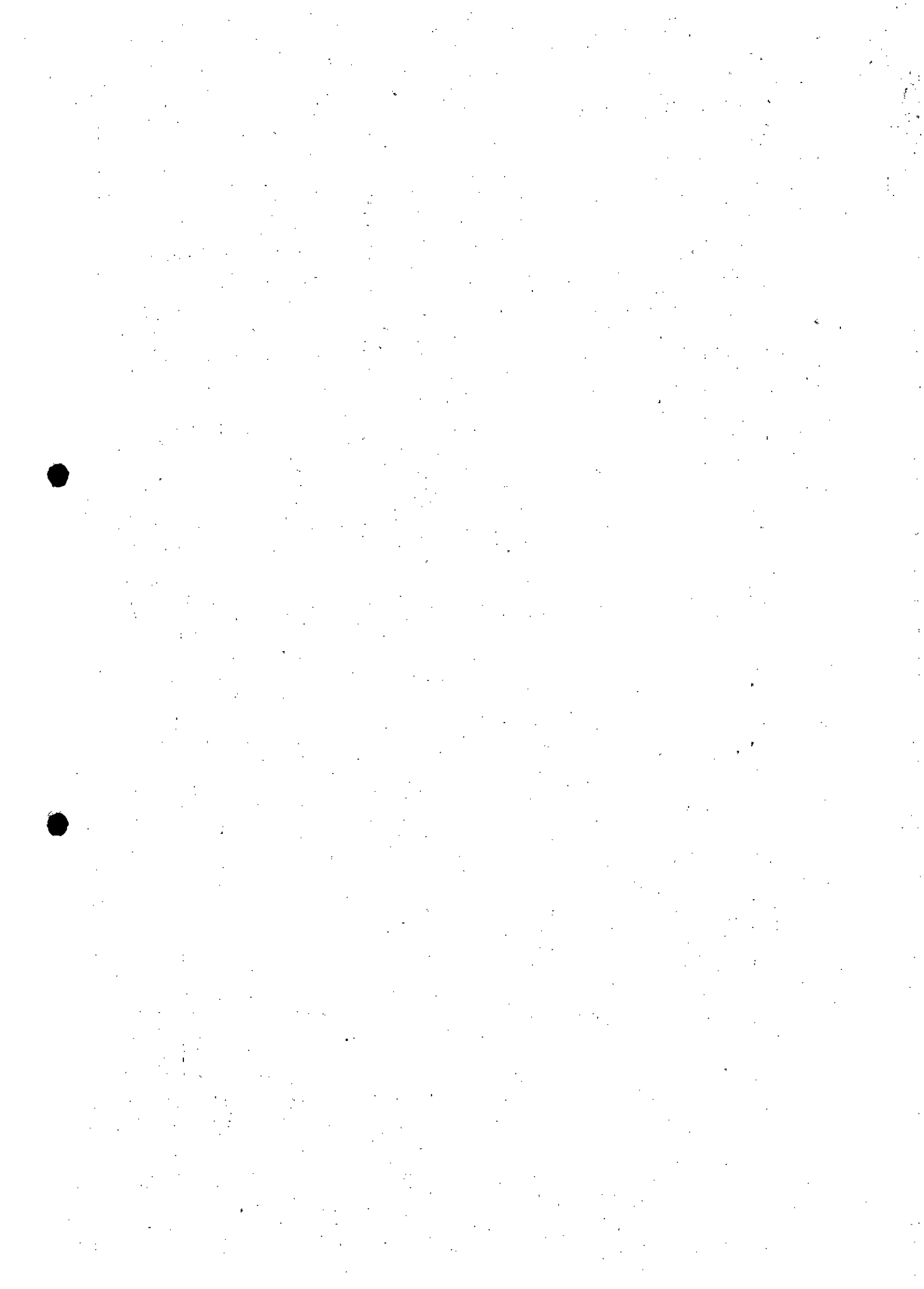


Figura A2.52 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 21/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



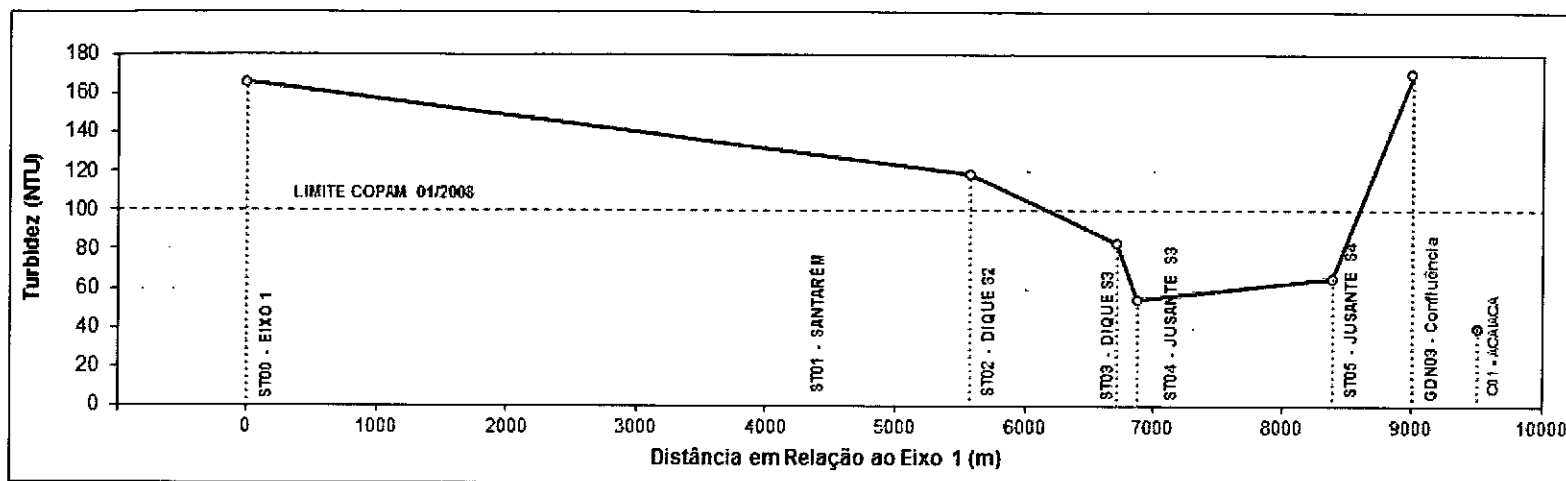


Figura A2.53 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 22/01/2017 – Córrego Santarém.

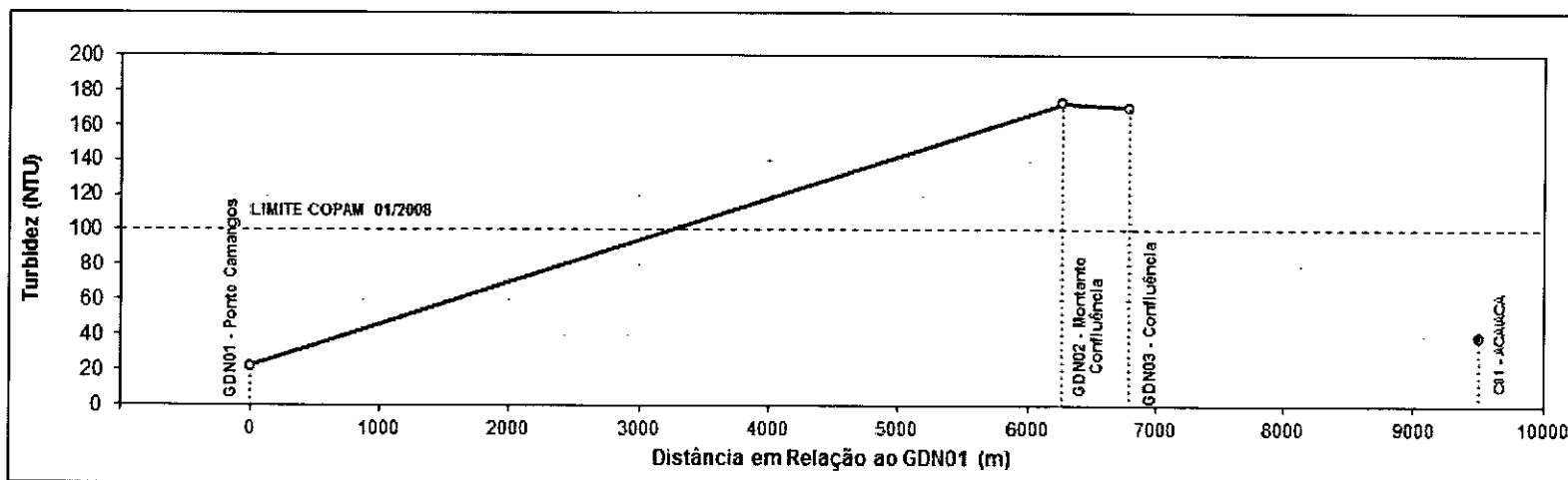
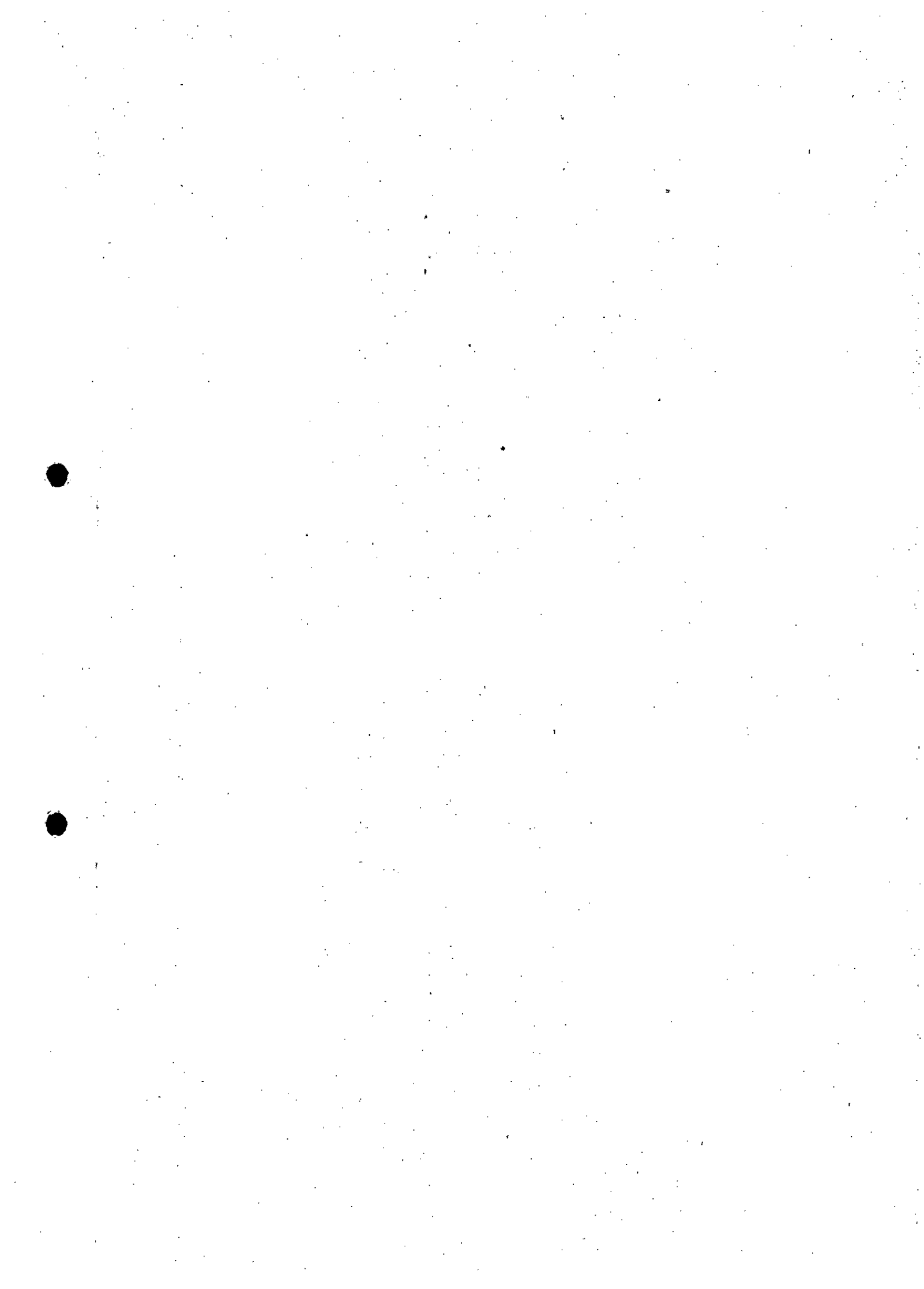


Figura A2.54 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 22/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



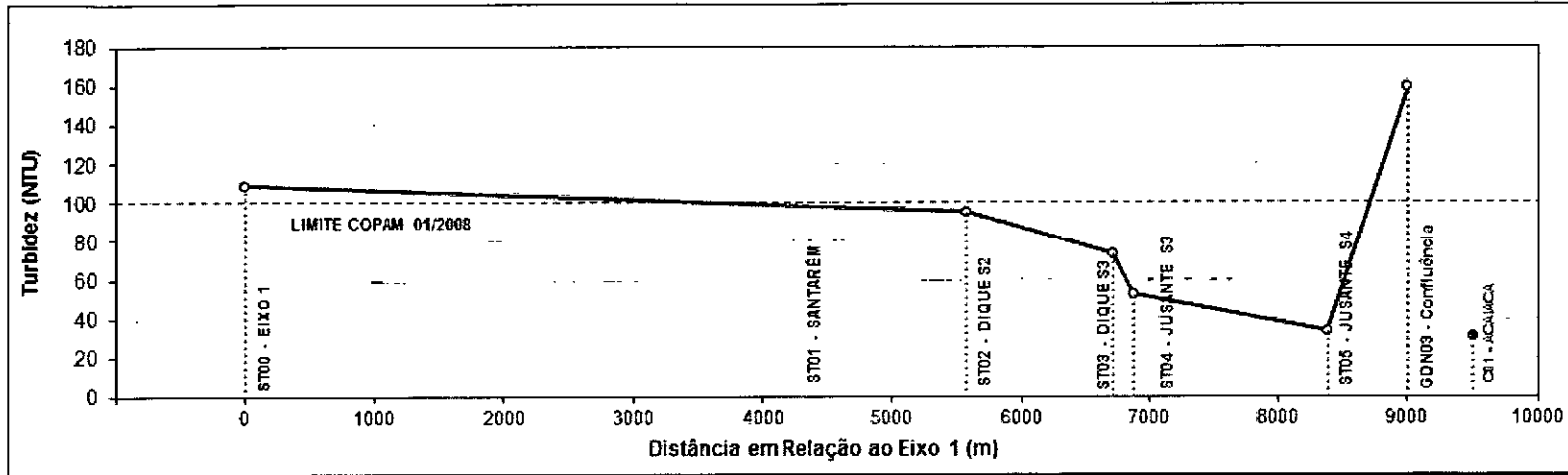


Figura A2.55 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 23/01/2017 – Córrego Santarém.

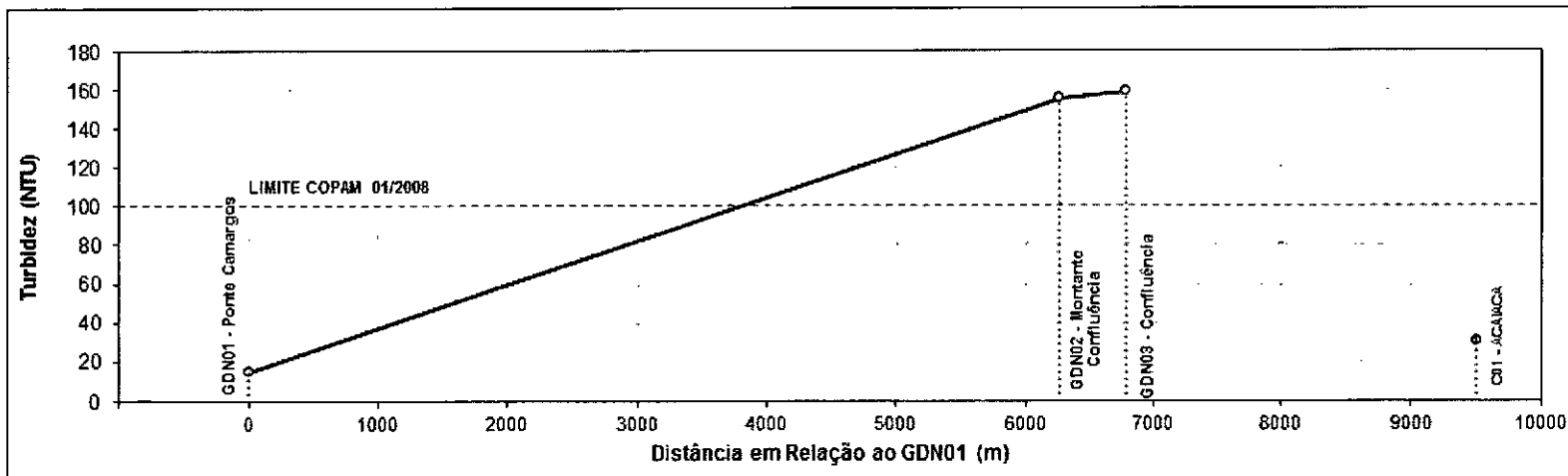
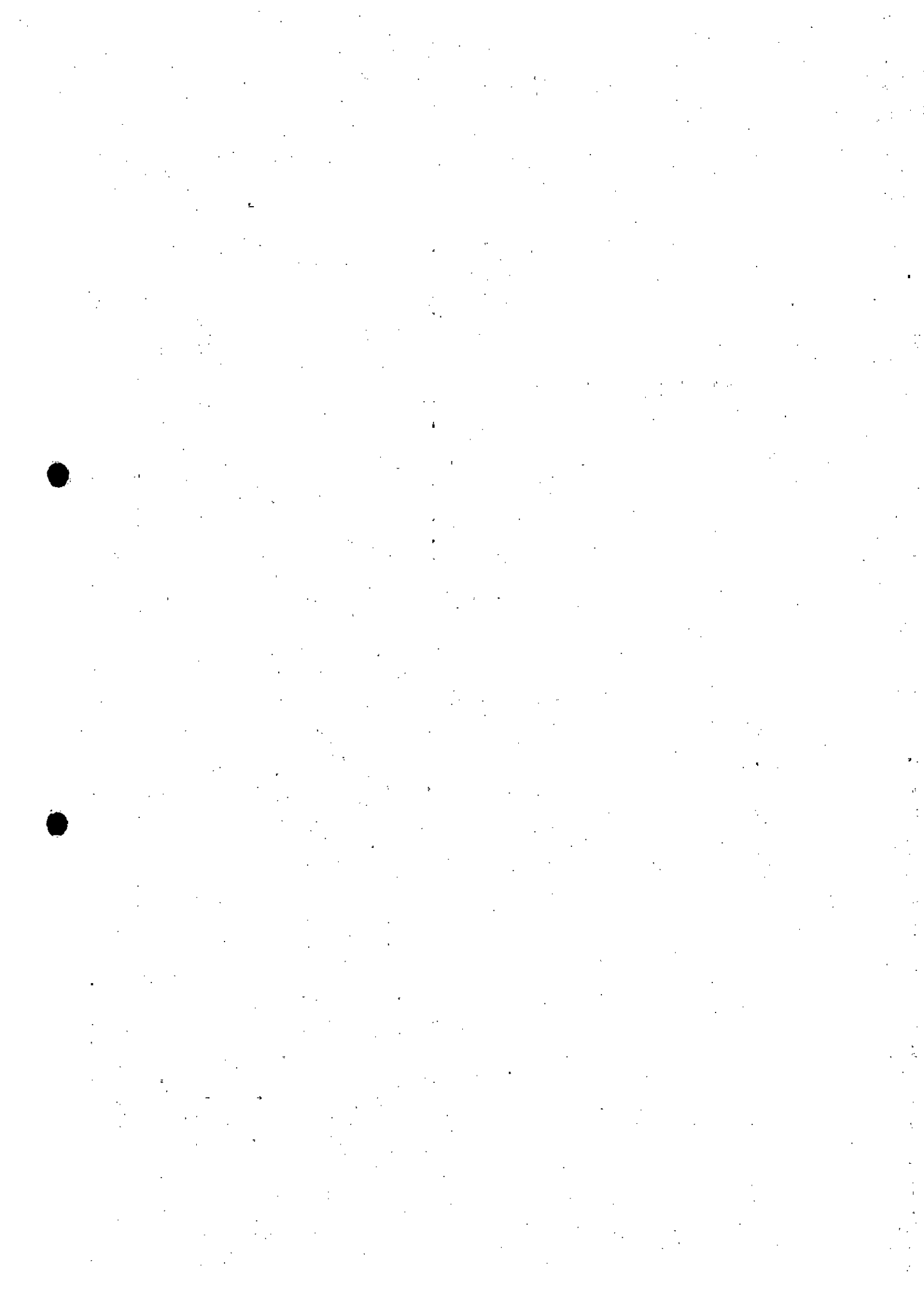


Figura A2.56 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 23/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



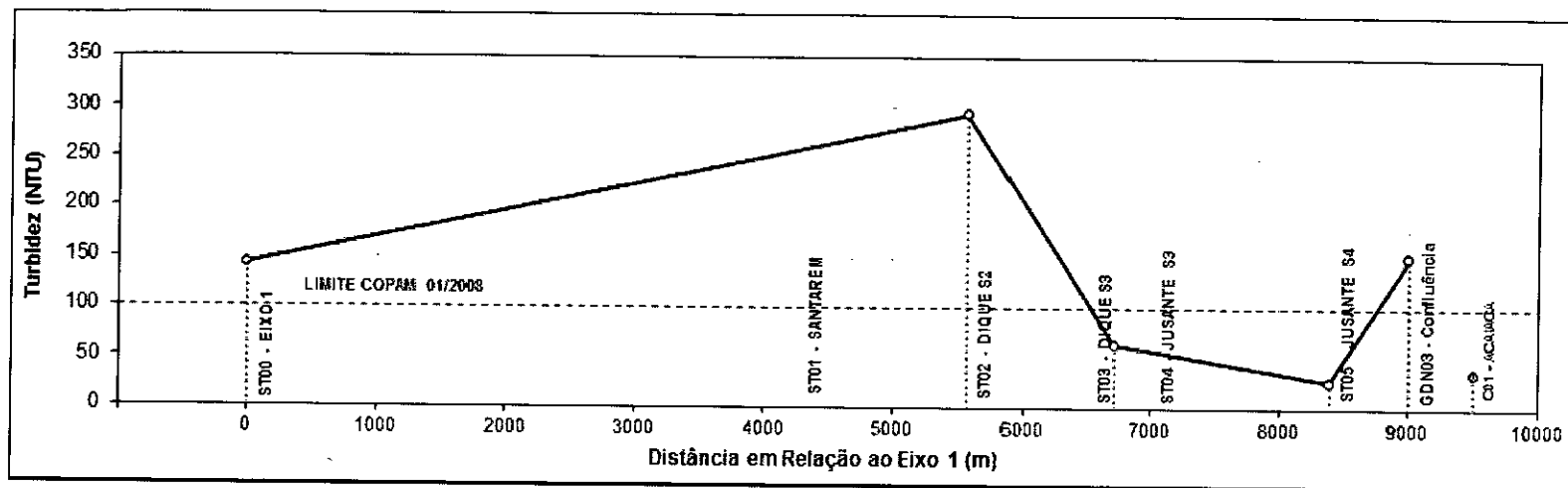


Figura A2.57 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 24/01/2017 – Córrego Santarém.

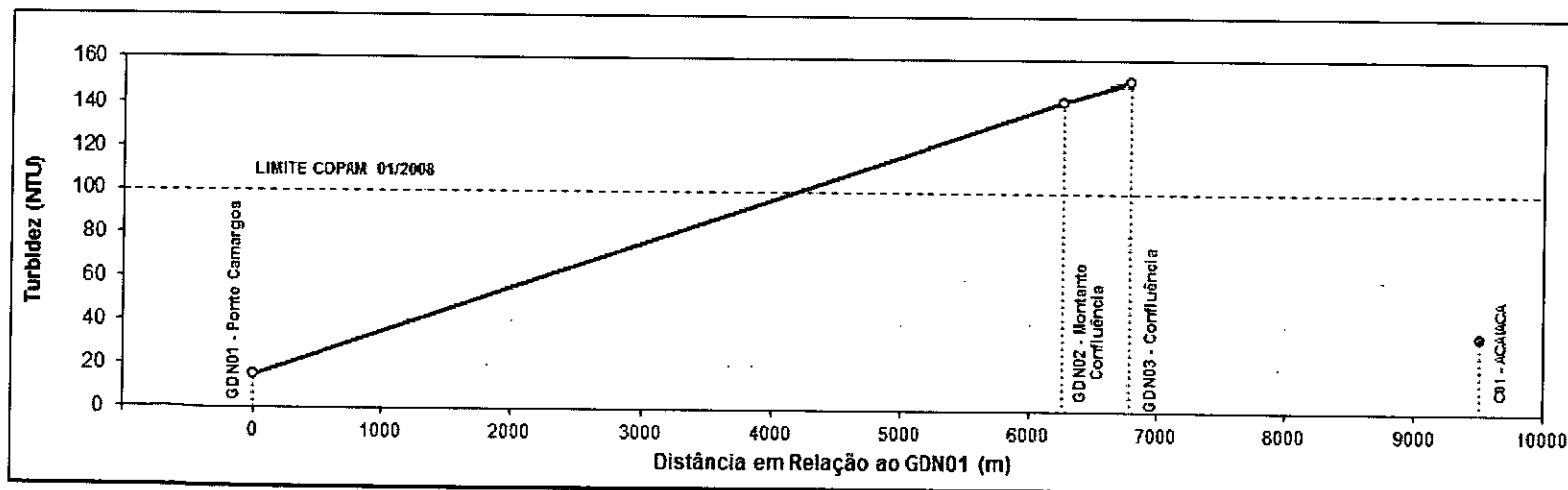
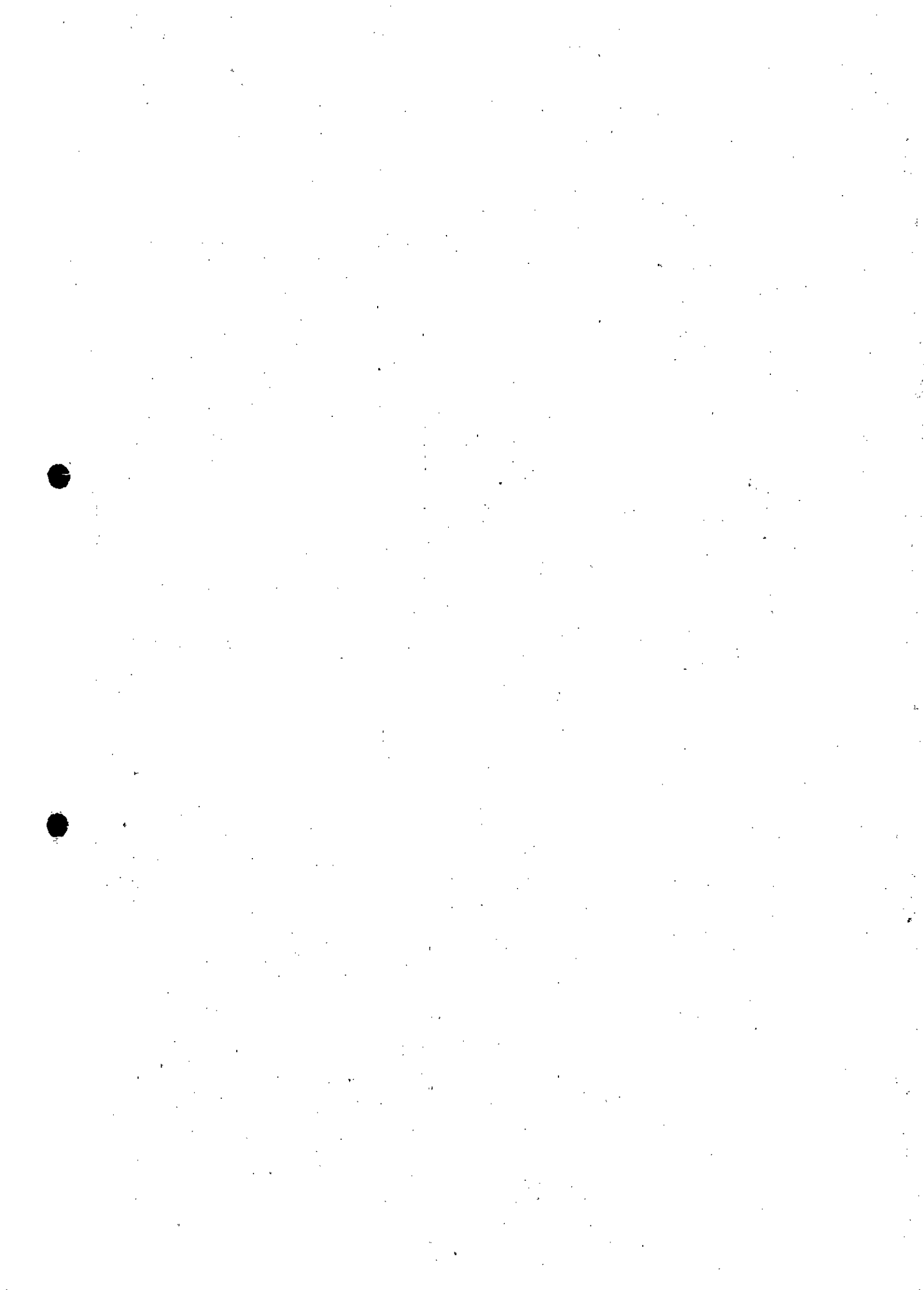


Figura A2.58 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 24/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



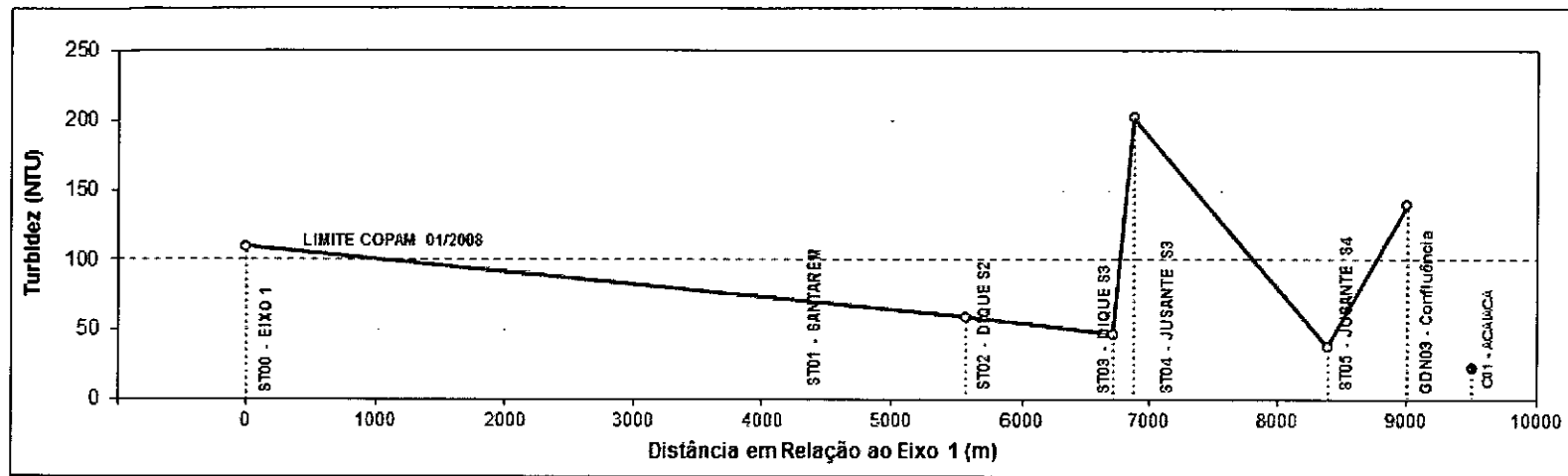


Figura A2.59 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 26/01/2017 – Córrego Santarém.

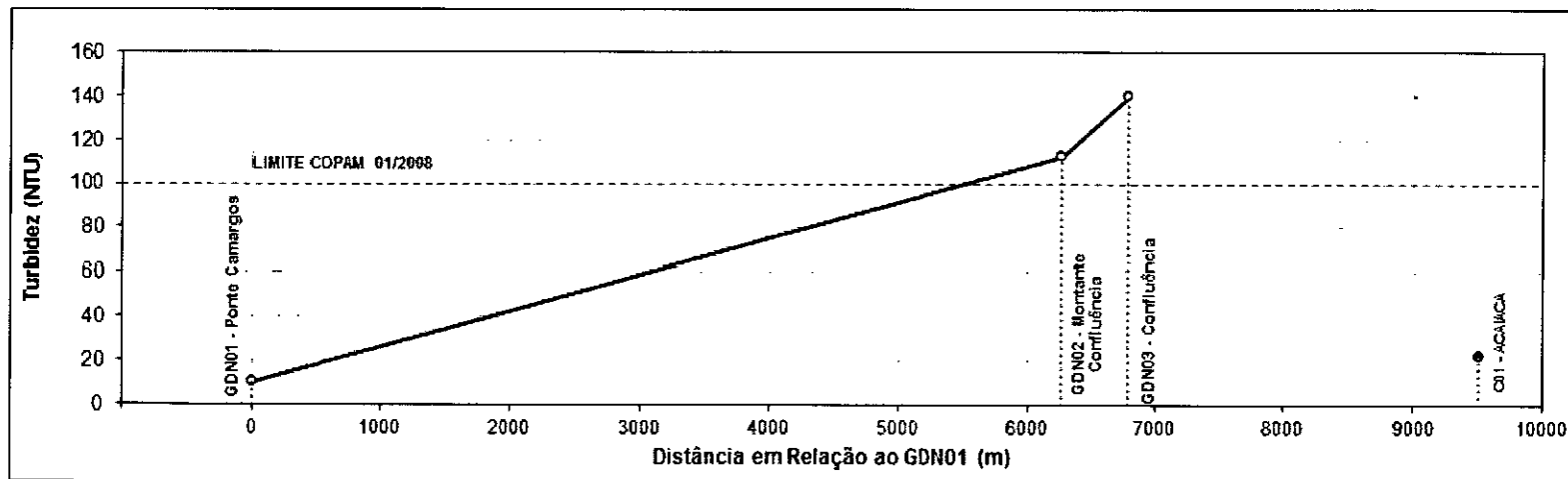
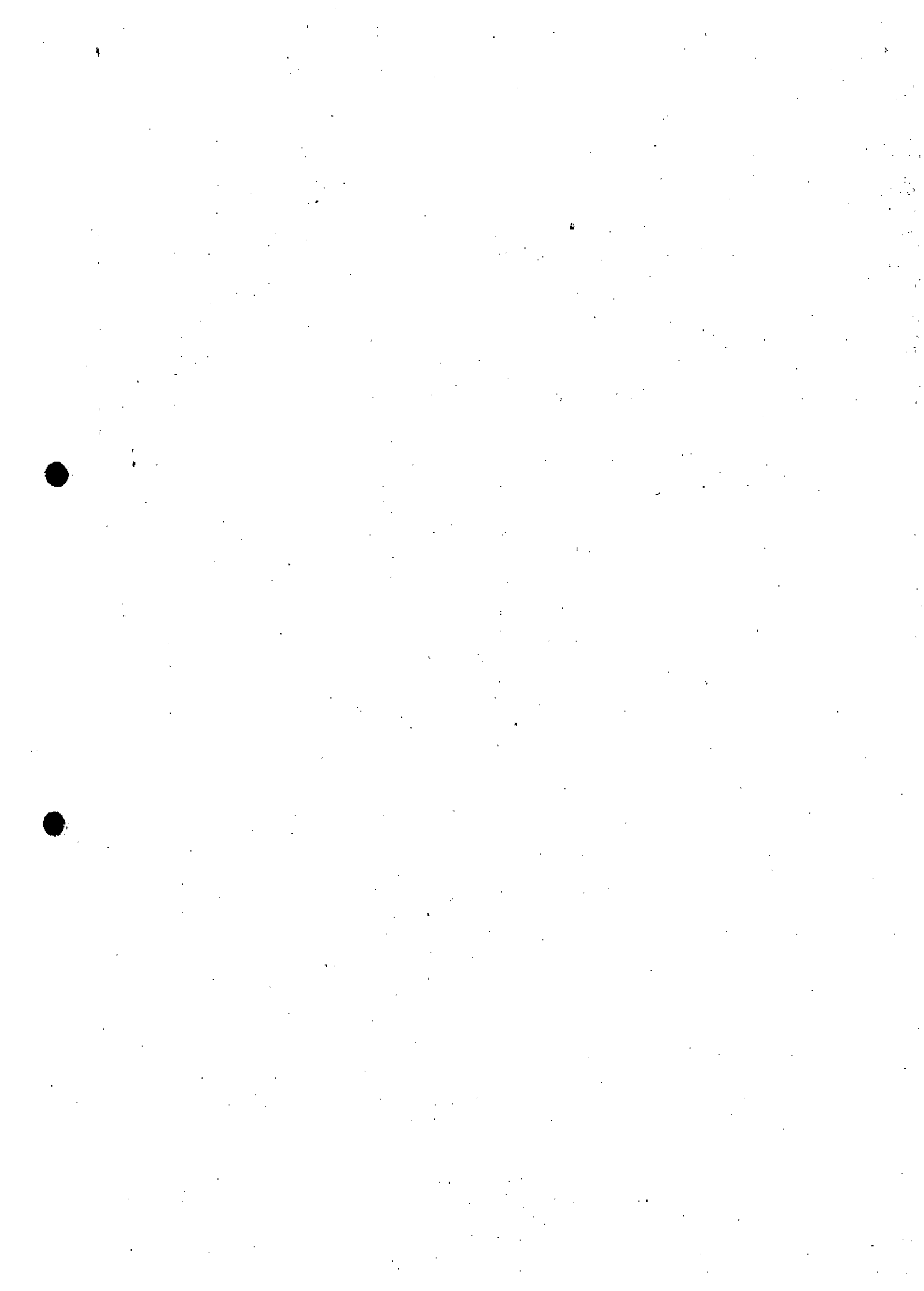


Figura A2.60 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 26/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.



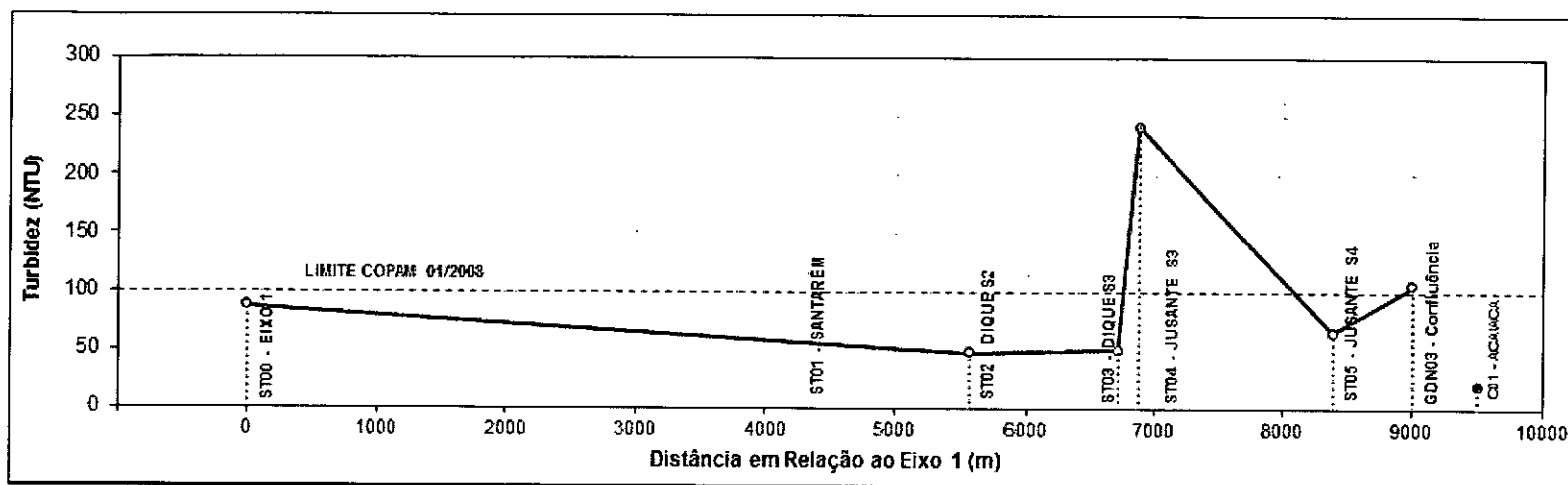


Figura A2.61 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 27/01/2017 – Córrego Santarém.

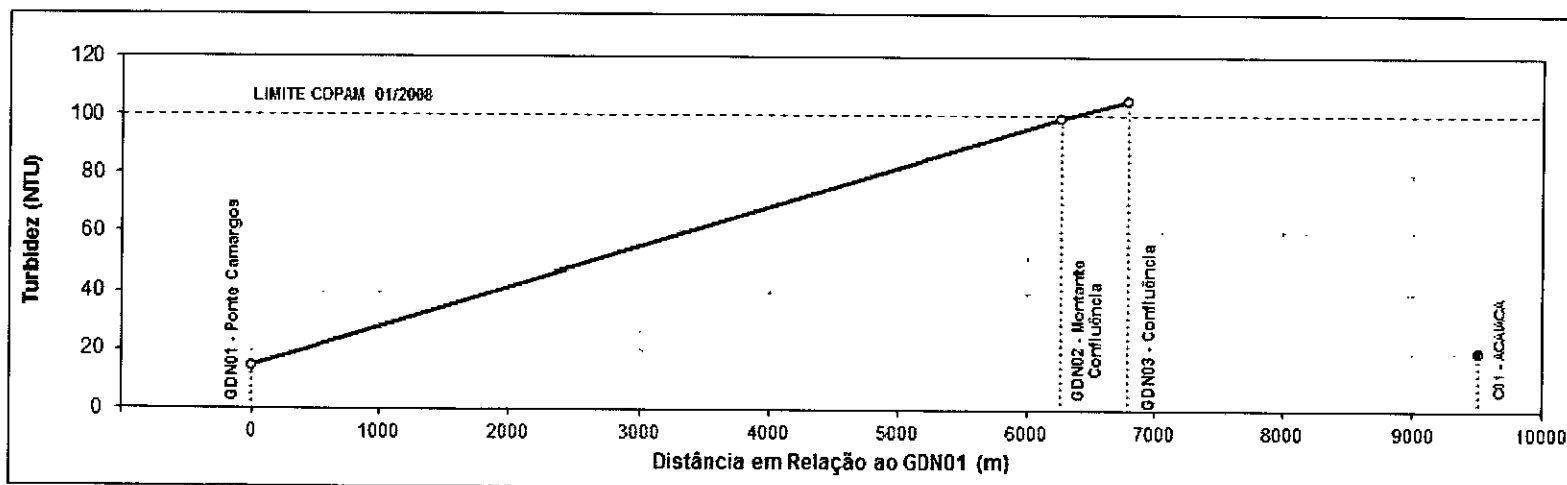


Figura A2.62 – Variação espacial do índice de Turbidez na data 27/01/2017 – Rio Gualaxo do Norte.

