

II-510 - DETERMINAÇÃO DE VELOCIDADE E TEMPO DE ESCOAMENTO EM TUBULAÇÕES DE ESGOTO COM SUPORTE DO MODELUILDER

Sidnei Rodrigues dos Santos ⁽¹⁾

Analista de Sistemas. Especialista em Recursos Hídricos pela Universidade Nacional de Brasília. Coordenador Técnico de Geoprocessamento da Optimus GIS & IT Solution.

Valter Cleber Guedes da Rocha Lima ⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Gerente de Cadastro Técnico da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB.

Endereço ^(1, 2): Avenida Sibiruna - lotes 13/21 - Águas Claras - Brasília/DF - CEP: 71.928-720 - Brasil - Tel: (61) 3213-7229 - e-mail: sidneisantos@optiumgis.com.br ⁽¹⁾, valterlima@caesb.df.gov.br ⁽²⁾

RESUMO

Uma das premissas utilizadas no momento de determinar a velocidade é que seu valor mínimo deve evitar deposições excessivas de substâncias sólidas minerais que normalmente são transportadas pelo líquido em escoamento, o que ocorre principalmente nas horas de menor contribuição, podendo obstruir ou prejudicar o escoamento. O objetivo deste estudo é demonstrar um método alternativo para determinação de velocidade e tempo de escoamento das redes de esgoto com recursos da ferramenta *Modelbuilder* do ArcGIS Desktop. Esta ferramenta possibilita a construção de fluxos de análise que auxiliam na identificação de locais com elevada incidência de vazamento por obstruções, que determina o tempo de chegada dos efluentes até as estações de tratamento, que estima a velocidade crítica das tubulações para garantir a correta ventilação da rede, entre outras aplicações, podendo contribuir com a qualidade e melhorias de seus processos Corporativos.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto, Calculo de Velocidade, SIG, Brasília. Modelbuilder, ArcGIS, Geoprocessamento

INTRODUÇÃO

A coleta e destinação eficiente de todo esgoto produzido por uma cidade é fundamental para a garantia de qualidade de vida da população. Cerca de 83% da população têm acesso a água tratada e pouco mais de 51% à coleta de esgoto (Instituto Trata Brasil, 2017). O esgoto quando não coletado de forma adequada, contribui com a proliferação de inúmeras doenças, causando sérios danos à saúde humana além de um agravamento no quadro de poluição de todo ecossistema.

No Brasil a Lei nº 11.445/2007 em vigor desde 05 de janeiro de 2007, estabelece o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), definindo um conjunto de medidas essenciais objetivando a minimização de impactos ambientais relacionados à implantação, desenvolvimento de ações, obras e serviços de saneamento básico, assegurando que sua execução seja de acordo com as normas relativas à proteção do meio ambiente, fatores sociais, econômicos, políticos e culturais. As diretrizes desta lei abrangem os componentes de Saneamento Básico, como abastecimento de água, drenagem de águas pluviais, limpeza urbana, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2017), em todo o mundo, cerca de três em cada dez pessoas (2,1 bilhões) não têm acesso a água potável disponível em casa, e seis em cada dez, ou 4,5 bilhões, carecem de saneamento seguro, de acordo com novo relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF).

A gestão eficiente deste sistema visa a elaboração de metodologias que contribuam com o controle, monitoramento, automatização de processos e o planejamento das ações, como alternativas para minimizar os riscos que podem causar custos adicionais ao negócio.

Este estudo aborda o uso da ferramenta *Modelbuilder* do ArcGIS na construção de um modelo para determinação de parâmetros hidráulicos (tempo, velocidade, vazão, declividade...) nos trechos de redes que transportam o esgoto gerado na região administrativa de Águas Claras, sendo esta, uma região que possui duas estações elevatórias responsáveis por concentrar todo esgoto bruto produzido, acrescido pela região de Vicente Pires, para posterior bombeamento até a Estação de Tratamento de Esgotos Brasília 01 localizada às margens do Lago Paranoá no Distrito Federal.

Por meio desse modelo será também possível determinar o tempo de transito dos efluentes até a chegada nas estações de tratamento. A determinação de tempo, em alguns processos, pode interferir diretamente no resultado da análise. Um exemplo é entender o comportamento de uma substância química descartada na rede de esgoto, onde o tempo de concentração é um fator fundamental para entendimento das alterações de suas características ou uma análise para expansão de sua rede para atendimento, podendo auxiliar no entendimento do consumo gerado pela região também poderá ser útil em outras aplicações.

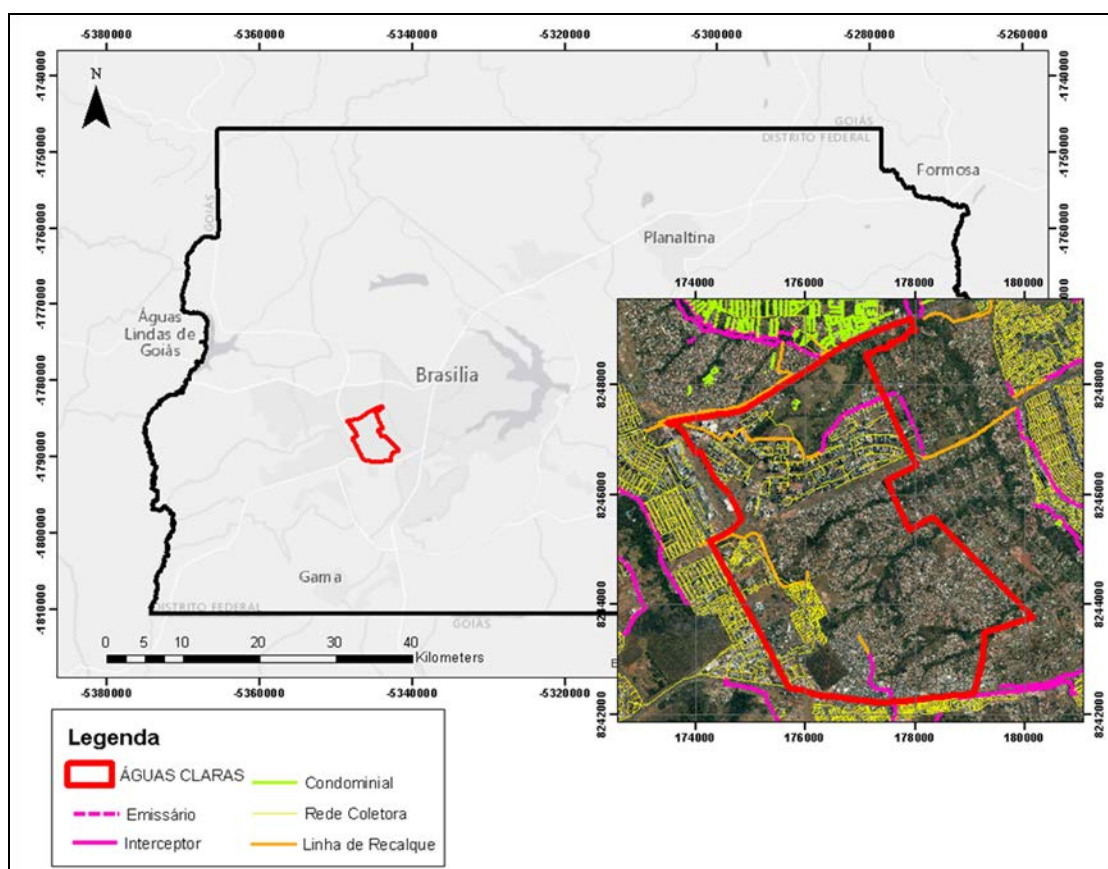


Figura 1: Mapa de localização a área de estudo com a representação das redes de esgotamento sanitário para atendimento da população da região de águas claras.

REFERENCIAL TEÓRICO

Uso de sistemas de informações geográficas (SIG) consiste em um conjunto de ferramentas e processos para o controle e monitoramento de sistemas, tendo como uma de suas características a integração de diversos tipos de sistemas, dados vetoriais e alfanuméricos e imagens digitais. Aliando bancos de dados alfanuméricos com dados geográficos se obtêm novas possibilidades de análises integradas eficientes.

A utilização de ferramentas SIG na gestão de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) facilita o monitoramento integrado de qualquer sistema da ETE. Tais funções podem ser: o registro dos resultados obtidos em medições e análises laboratoriais, a checagem e a comparação imediata dos resultados obtidos com as normas legais e os padrões de qualidade e lançamento, direta e completa visão da eficiência de cada etapa

individual de todo o sistema de tratamento – determinação instantânea dos pontos onde o sistema apresenta problemas e/ou mal funcionamento, determinação de velocidade de escoamento, entre outras aplicações.

Pode-se dizer que a determinação de velocidade mínima de escoamento, é aquela que assegura a autolimpeza da rede, sempre que for atingida ou ultrapassada, fato que deve ocorrer ao menos uma vez ao dia. Ela está relacionada com certa altura de lâmina de água. A velocidade mínima recomendada é de 0,60m/s. Estudos mais recentes concluíram, que a velocidade mínima não é o melhor parâmetro para estabelecer as condições mínimas de autolimpeza nas tubulações. Tudo isso, na realidade, é função da Tensão Trativa da água corrente ou Tensão de Arraste, que é definida como o esforço tangencial unitário transmitido às paredes do coletor pelo líquido em escoamento.

Já o limite máximo de velocidade visa evitar a ação erosiva de partículas sólidas duras que são transportadas pelo esgoto, em função do material da tubulação, conforme quadro abaixo:

Tabela 1- velocidade padrão por tipo de material

Tipo de Material	Velocidade máxima (m/s)
Manilha Cerâmica	5,00
Tubos de Concreto	4,00
Tubos de PVC branco	6,00
Tubos de Vinilfort	6,00

Durante as pesquisas para elaboração deste estudo, não foram encontradas referências que utilizassem o mesmo método para determinação de velocidade em tubulações de esgoto. A escolha da ferramenta *Modelbuilder*, é devido a sua versatilidade, sendo muito utilizada para diferentes tipos de análises, como aplicado no Estudo sobre Impacto da Inclinação Média na Delimitação de Área de Preservação Permanente (FRANCELINO e SILVA, 2014) e na Modelagem Geográfica e Energias Renováveis. Aplicações para apoio à decisão na identificação de áreas potenciais (JULIÃO, R. P. et al., 2016), mostrando-se em ambos cenários, ser uma ferramenta aderentes a diferentes necessidades.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Estima-se que as regiões de Vicente Pires e Águas Claras, que engloba os setores Águas Claras, Setor Habitacional Arniqueiras (Antigas colônias agrícolas Arniqueiras) e Areal, possui uma população de 221.819 habitantes (CODEPLAN, 2016), que produz um volume anual estimado de 393.278 m³ de esgoto que são destinados para as estações de tratamento Melchior e Sul.

A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb, empresa responsável pela coleta e tratamento de todo efluente gerado no Distrito Federal, possui um ativo de 7.263,42 quilômetros de redes de esgoto para atendimento da população. Este sistema é composto por um complexo modelo de redes coletoras, interceptores, emissários, linhas de recalque, além de outros componentes como Caixa de Passagem (CP), Caixa de Inspeção (CI), Poço de Visita (PV), entre outros, tendo como finalidade o transporte de todo esgoto gerado pelas regiões até seu destino final, as 17 Estações de Tratamento do Distrito Federal.

Neste contexto, foi elaborado um modelo que determina a velocidade de escoamento dos efluentes da região de estudo, utilizando a ferramenta *Modelbuilder* do ArcGIS Desktop na versão 10.5.1. Esta ferramenta permite ao usuário maior dinamismo na análise, uma vez que possibilita o acompanhamento em tempo real da execução de cada processo, ou até mesmo adequa parâmetros sem a necessidade de conhecimentos avançados dos recursos utilizados.

O *Modelbuilder* por ser uma ferramenta que permite a construção de diferentes tipos de processos, pode ser utilizado em conversão de dados, exportação de dados vetoriais, elaboração de modelos digitais, entre outras aplicações.

A ferramenta utiliza como base para construção deste modelo, os dados de redes e componentes de esgotamento sanitário que tem como principal característica seu contínuo processo de atualização, realizados pelas equipes de Cadastro Técnico e Manutenção de Redes da Companhia.

Este processo constante de coleta é realizado durante os trabalhos de implantação e manutenção das redes, onde os dados são diretamente atualizados no repositório Corporativo da Companhia, implantado em Banco de Dados SQL Server 2012. O repositório utiliza os recursos de Geodatabase da ESRI, logo é possível a representação geográfica de todos os elementos que compõe o Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal, possibilitando fluxos de edições simultâneas pelos usuários e também elaboração de estudos avançados como simulações hidráulicas, estudo das regiões considerando suas características de relevo e planejamento de manutenções preventivas, que tem o objetivo de minimizar recorrências de eventos como obstruções e/ou vazamentos.

Tendo em vista a qualidade dos recursos existentes, foi possível gerar um Modelo Digital da região de estudo para analisar suas características e também validar a qualidade das informações de Cotas de Fundo, sendo estas, atributos existentes nas Camadas de Componentes de Esgoto, adicionados por um processo de transcrição do formato em papel para o digital onde em alguns casos, gerou a perda de qualidade das informações no momento de preenchimento pelos usuários. O uso das informações de Cota de Fundo é a forma mais fiel de representação da declividade das redes implantadas, já que são dados reais coletados em campo, determinado assim o sentido de fluxo das canalizações.

Métodos

O modelo inicia com o uso da ferramenta TIN (Triangular Irregular Networks) da extensão *3d Analyst* do ArcGIS Desktop da ESRI para elaborar um Modelo Digital do Terreno (MDT), construído com as informações de Cotas de Fundo para identificar as maiores falhas nos atributos inseridos pelo processo de preenchimento manual.

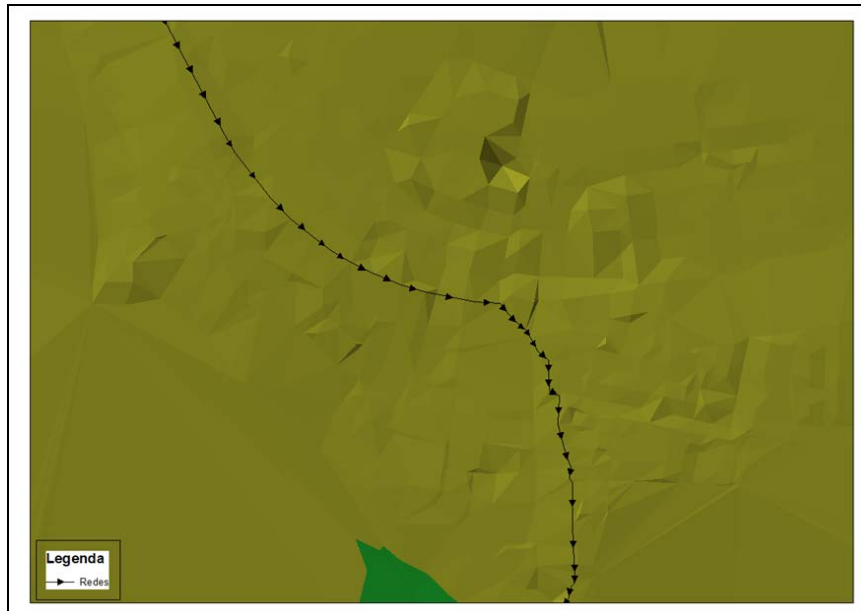
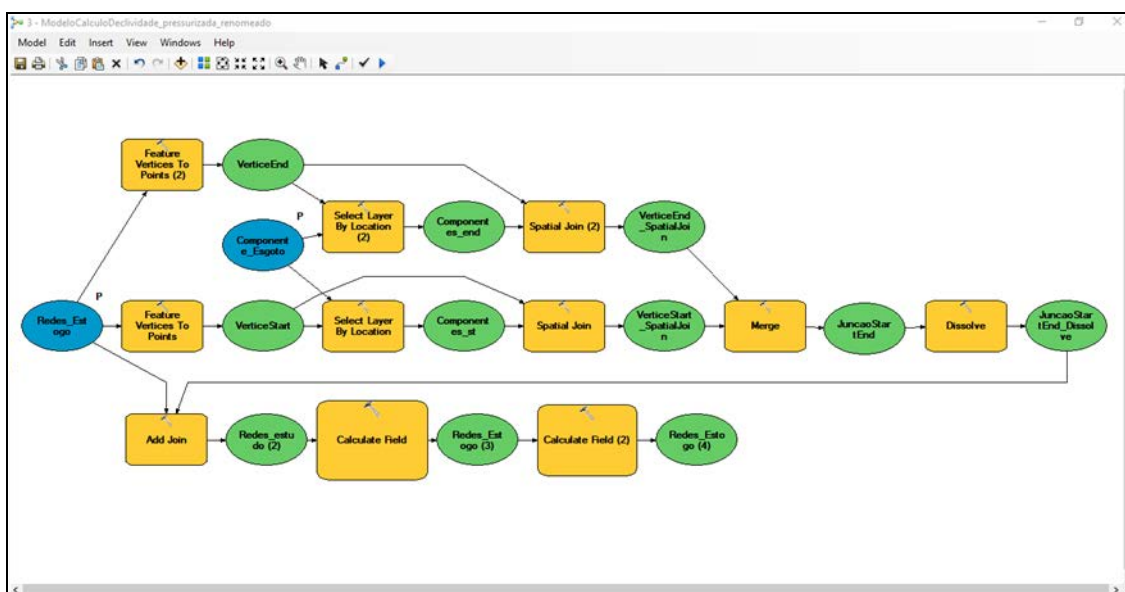


Figura 2: Deformidades geradas no modelo elaborado com os atributos de cotas de fundo dos componentes de esgoto.

A elaboração do modelo digital é simples e permite uma análise prévia de qualidade das informações, como pode ser observado pela Figura 2. As distorções representadas no modelo facilitam na identificação visual dos locais que necessitam de uma intervenção do usuário para a realização de ajustes dos atributos. Ao aplicar as correções necessárias, foi iniciada a construção do modelo (Figura 3) para determinação da velocidade de escoamento, utilizando os recursos: *Vertice to Point*, *Select by Location*, *Spatial Join*, *Merge*, *Dissolve*, *Add Join*, *Add Field* e *Calculate Field*.



Nota: As caixas em Azul representam os dados de entrada; as caixas em amarelo são as ferramentas utilizadas e as caixas verdes são as saídas de cada processo.

Figura 3: Modelbuilder com o Fluxo de processos para calcular a velocidade de escoamento.

Antes de determinar a velocidade é necessário entender o sentido de fluxo da rede a ser analisada. Com esta premissa a primeira parte do modelo é realizada pela ferramenta *Feature Vertex to Point*, que gera como saída duas camadas de pontos que identificam separadamente o início e fim de cada trecho de rede analisado, como representado a seguir.

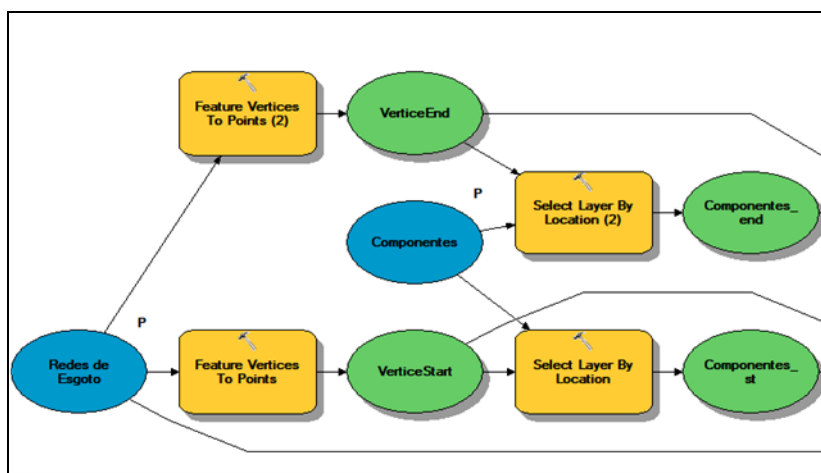


Figura 4: Fluxo de dados elaborado para exportação de duas camadas, uma apenas com os pontos iniciais e outra com os finais de cada segmento.

É possível observar no modelo da Figura 4 a existência de dois fluxos para alguns recursos utilizados. Isso se faz necessário, para que as informações possam ser separadas precisamente.

A camada intermediária gerada pelo processo *Feature Vertex to Point*, será utilizada como parâmetros de entrada para a próxima execução, sendo esta a ferramenta *Select Layer by Location*, que será combinada à camada de componentes, de onde serão recuperados os valores de Cotas dos pontos conectados no início e fim para cada trecho de rede. O próximo passo do modelo utiliza a ferramenta *Spatial Analyst*, que possibilita a junção das saídas iniciais, permitindo ao usuário determinar quais atributos serão utilizados para os próximos passos.

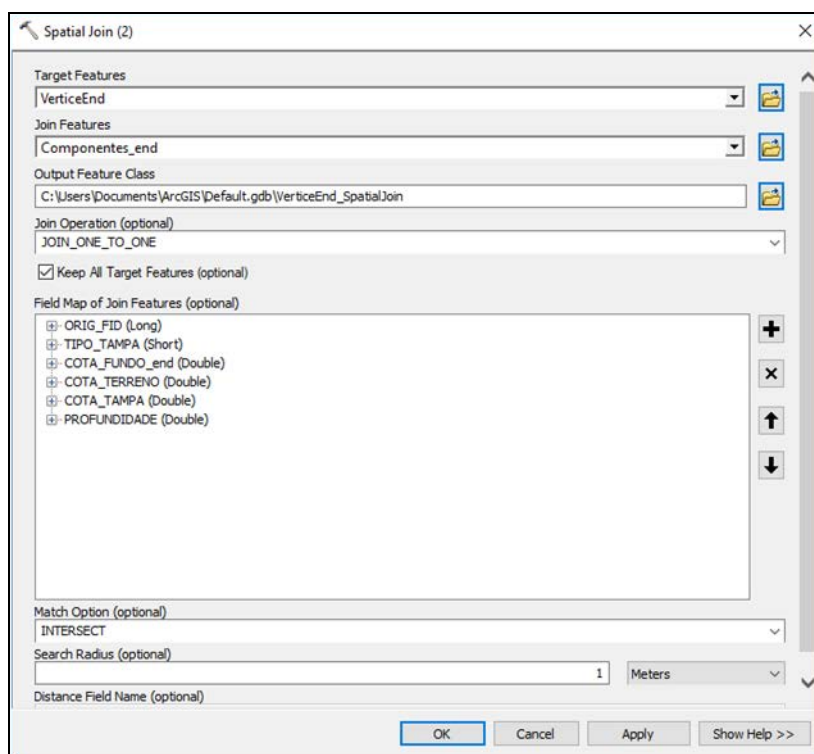


Figura 5: Unificação dos processos utilizando a ferramenta *spatial analyst*, que gera uma nova camada apenas com os atributos necessários.

Nesta fase, o modelo utiliza os recursos de *Merge* e *Dissolve*. Isso para unificar os dados resultantes, ou seja, consolidar as informações gerando uma nova camada que facilitará seu uso para as próximas etapas do processo.

A ferramenta *Merge* unifica as camadas intermediárias que armazenam as informações de Cota de Fundo dos pontos de Início e Fim, mantendo a identificação dos seguimentos oriundos. Já o *Dissolve*, vai organizar a tabela de atributos cada trecho analisado.

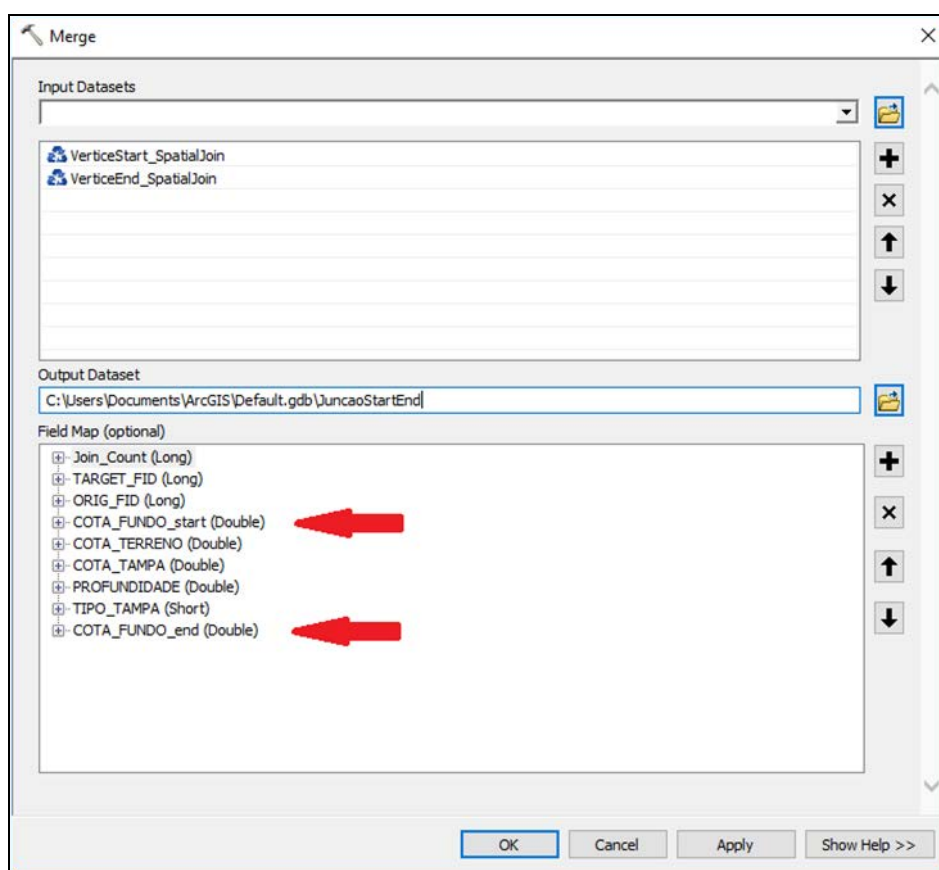


Figura 6: Unificação dos dados de início e fim dos componentes, para construção de uma nova camada.

O último passo desta unificação de dados é realizado pela ferramenta *Add Join* que possibilita a junção da camada resultante pela ferramenta *Dissolve* com a camada de Redes. Uma vez os dados organizados, já será possível conhecer os valores individuais para cada trecho da rede, possibilitando assim iniciar a etapa de cálculo.

Um dos parâmetros necessários nesta fase é a determinação da Declividade da rede, definida através da fórmula:

$$D = \text{Cota inicial} - \text{Cota final} / \text{Extensão da rede}$$

A declividade mínima de um coletor é a menor inclinação que assegura o escoamento de determinada vazão de esgotos, sem que haja deposição de sólidos na tubulação. A determinação de declividade e velocidade, serão realizadas pela ferramenta *Calculate Field*. Esta ferramenta permite a elaboração de funções em *Python* ou *Visual Basic* que facilitam a entrada dos dados na elaboração dos cálculos, já que todo processo pode ser parametrizado, viabilizando a realização de manutenções.

Inicialmente foi elaborada uma função em *Python* para calcular a declividade de cada trecho da rede.

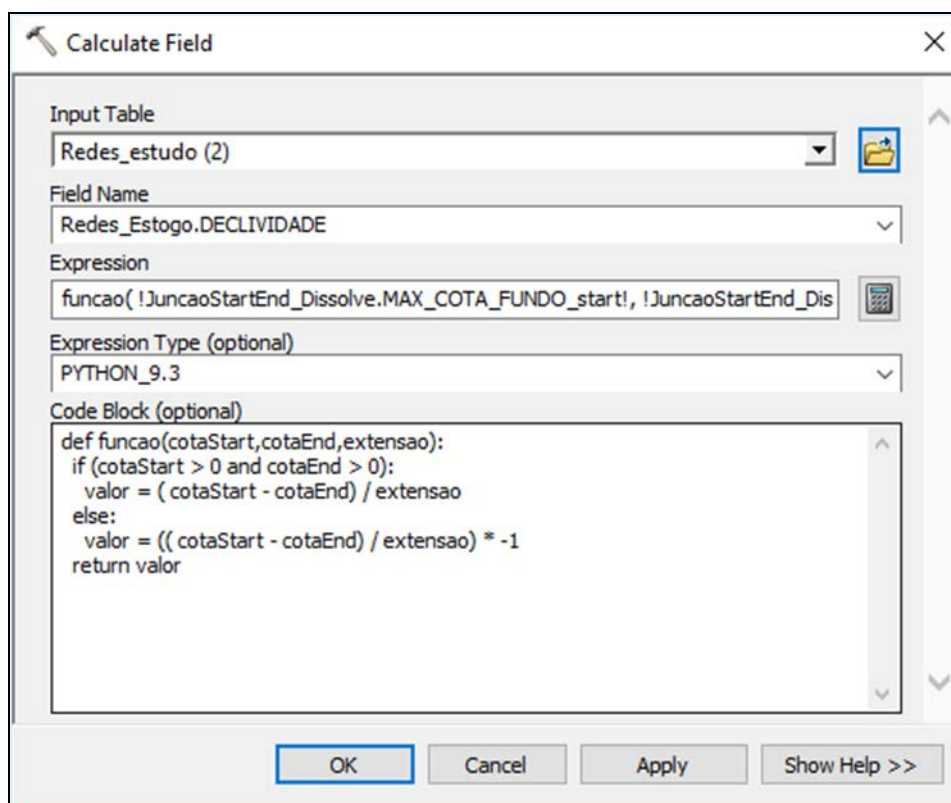


Figura 7: Uso da ferramenta *calculate field* para realizar o cálculo de declividade da rede.

A camada de redes de esgoto será utilizada para armazenamento dos resultados correspondentes, conforme evolução do modelo.

Definida a declividade, seguiu-se para a determinação de velocidade, onde foram utilizadas as equações de Manning e Hazen Williams.

A equação de Manning é a fórmula mais usada para o dimensionamento de coletores de esgotos devido a sua simplicidade, aliada a considerável quantidade de dados experimentais existentes. Foi adotado o valor de 0,013 para o coeficiente de rugosidade n e 0.4498 para tubos cerâmicos ou de Concreto.

Por último o uso da equação de Hazen Williams para o cálculo das perdas de cargas nos trechos pressurizados, foi utilizado o 0.3555.

É necessário utilizar a equação de Hazen Williams devido a existência de uma diferença altimétrica no relevo, que gera a necessidade de implantação de aproximadamente 4 quilômetros redes de recalque que bombeiam todo esgoto concentrado na elevatória de Águas Claras até a região do Guará para que o fluxo siga novamente por declividade até a Estação de Tratamento de Esgotos Brasília 01.

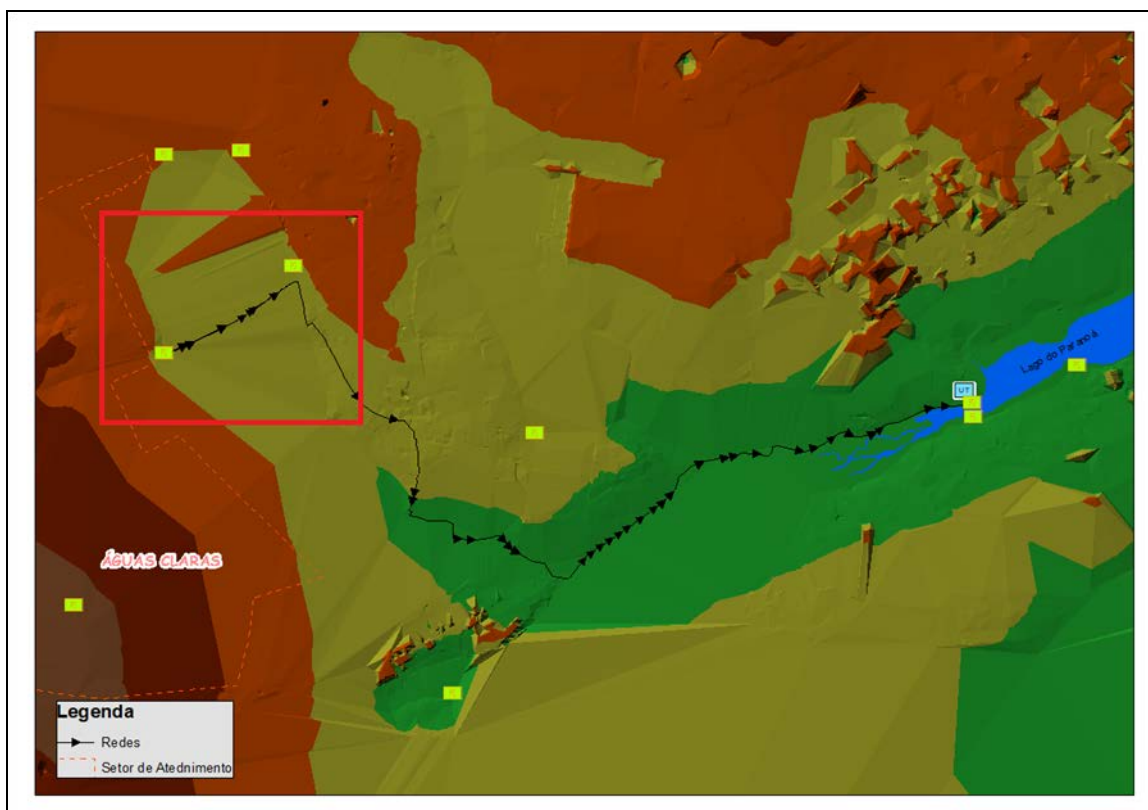


Figura 8: Identificando área da região de estudo que necessita de implantação de redes de recalque.

Demonstrando a versatilidade do modelo, ambos processos foram aplicados na mesma ferramenta, neste caso, foi utilizada a ferramenta *Calculate Field*. Como o cálculo é realizado utilizando a linguagem *Python*, foi utilizada a condicional *ELSE* para separação das fórmulas, elaborando uma condicional que identificar através do atributo TIPO existente em cada segmento de rede, que diferencia as redes existentes, possibilitando aplicar o cálculo de Manning para as Redes Coletoras e Hazen Williams para as Linhas de Recalque.

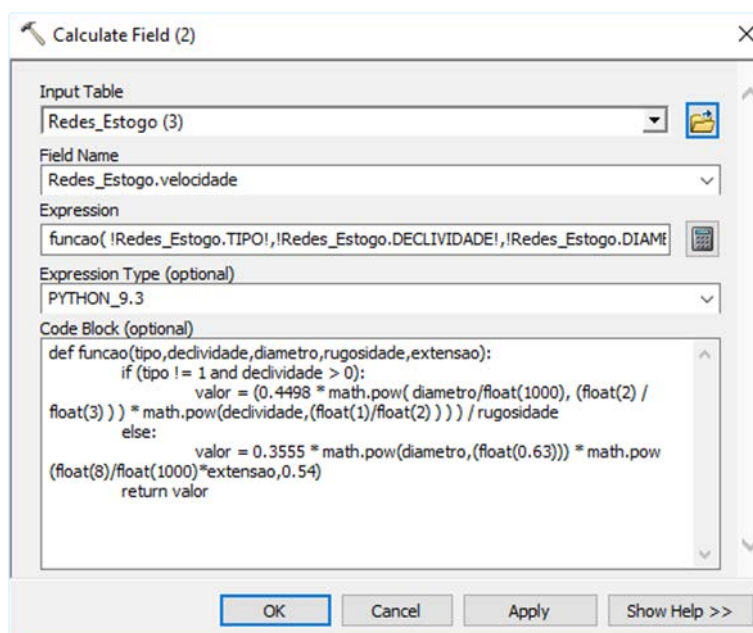


Figura 9: Aplicando os cálculos de velocidade de Manning e Hazen Williams na ferramenta *Calculate Field*.

Como adicional neste processo, foi determinado o tempo de trânsito do esgoto desta região. Sendo o processo elaborado em *Modelbuilder* é possível adicionar um novo fluxo com a ferramenta *Calculate Field* para calcular o tempo de chegada dos efluentes até a estação de tratamento, utilizando a expressão:

$$\text{Tempo} = \text{Extensão do trecho} / \text{Velocidade}$$

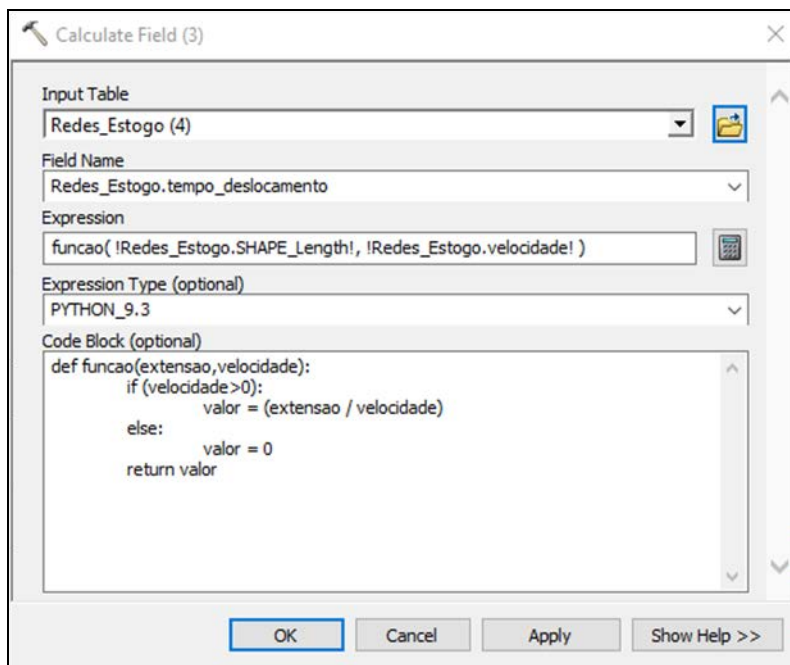


Figura 10: Utilizando a ferramenta *Calculate Field* para aplicar o cálculo para determinação do tempo de deslocamento até a estação de tratamento Sul.

Com a execução do modelo, cada trecho de rede é atualizado com os valores correspondentes de velocidade e tempo de deslocamento.

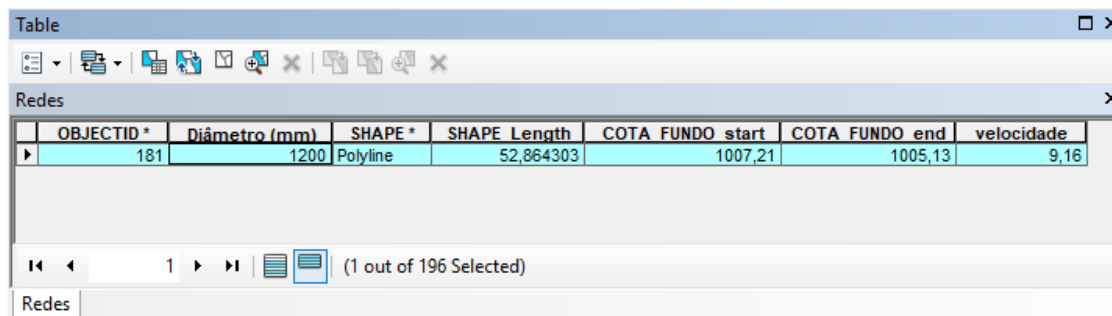
Table							
Redes							
SHAPE *	SHAPE Length	ORIG FID	COTA FUNDO start	COTA FUNDO end	velocidade	tempo de deslocamento	
Polyline	52,533707	75	1023,772	1023,376	2,24	23,489262	
Polyline	60,011344	43	1072,86	1072,5	2,25	26,636133	
Polyline	37,400121	76	1024,01	1023,772	2,32	16,117343	
Polyline	81,328197	180	1081,06	1080,54	2,33	34,964912	
Polyline	61,457713	73	1022,72	1022,21	2,35	26,190236	
Polyline	32,270099	77	1024,231	1024,01	2,41	13,405305	
Polyline	37,345656	78	1024,699	1024,43	2,47	15,127125	
Polyline	70,081282	47	1074,78	1074,27	2,48	28,24167	
Polyline	53,854168	141	1019,907	1019,568	2,56	21,055732	
Polyline	80,528743	66	1014,68	1014,349	2,62	30,717482	

Figura 11: Resultado dos cálculos de velocidades e tempo armazenados na tabela de atributos da camada de redes de esgoto.

RESULTADOS

Com a execução do modelo foi possível determinar o tempo de deslocamento e a velocidade para cada trecho de rede. A média de velocidade para os trechos por gravidade ficou em **4,20 m/s**, já as redes pressurizadas a velocidade calculada **9,36 m/s** determinando o tempo de chegada de **110,70 minutos** até a Estação de Tratamento Sul.

Existem trechos que apresentaram velocidade acima do recomendado, como podemos observar na Figura 12. É importante considerar para evoluções deste modelo, que um parâmetro importante é o Diâmetro da rede, já que a velocidade de escoamento em tubulações maiores influenciará diretamente na velocidade de escoamento.



OBJECTID *	Diâmetro (mm)	SHAPE *	SHAPE Length	COTA FUNDO start	COTA FUNDO end	velocidade
181	1200	Polyline	52,864303	1007,21	1005,13	9,16

Figura 12: Resultando de trecho com velocidade maior que os limites estabelecidos em norma técnica.

Entender este comportamento e suas características de relevo é fundamental para garantir o correto funcionamento do sistema, evitando assim deterioração, extravasamentos ou até o rompimento de uma tubulação. Para melhorar a precisão do modelo, necessariamente deve-se realizar visitas em campo, onde será possível validar as características de cada PV, já que as maiores divergências foram apresentadas nos locais que apresentam grandes diferenças de Cota do terreno.

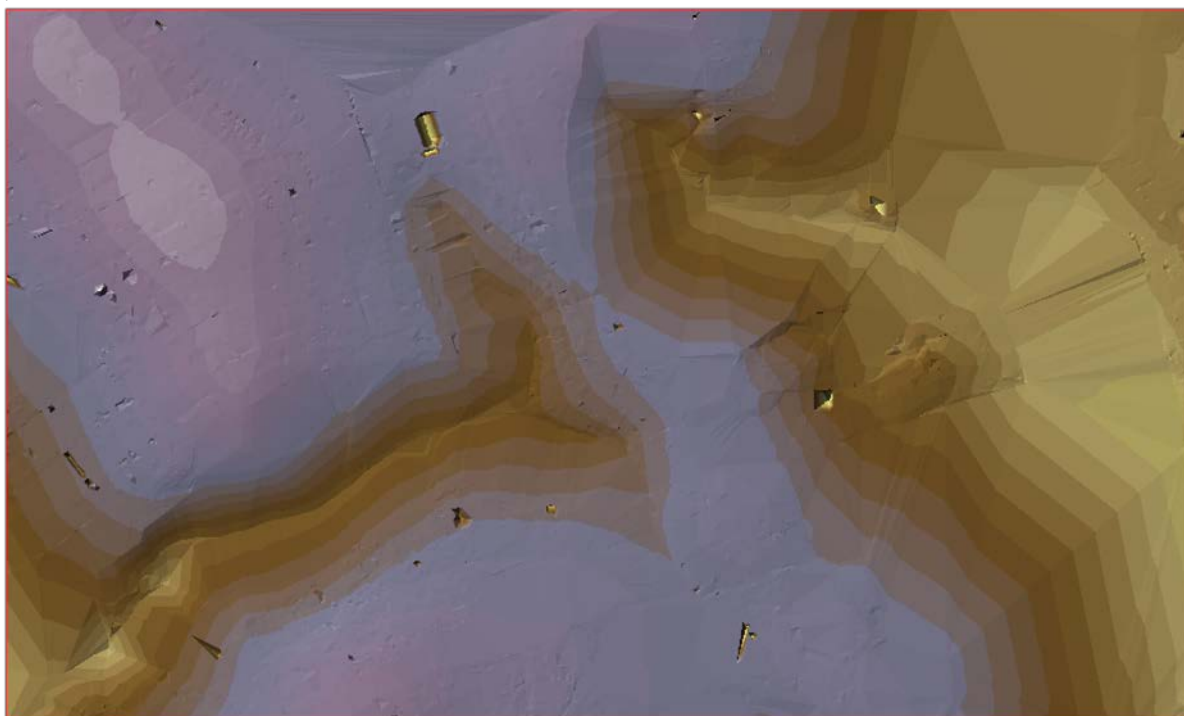
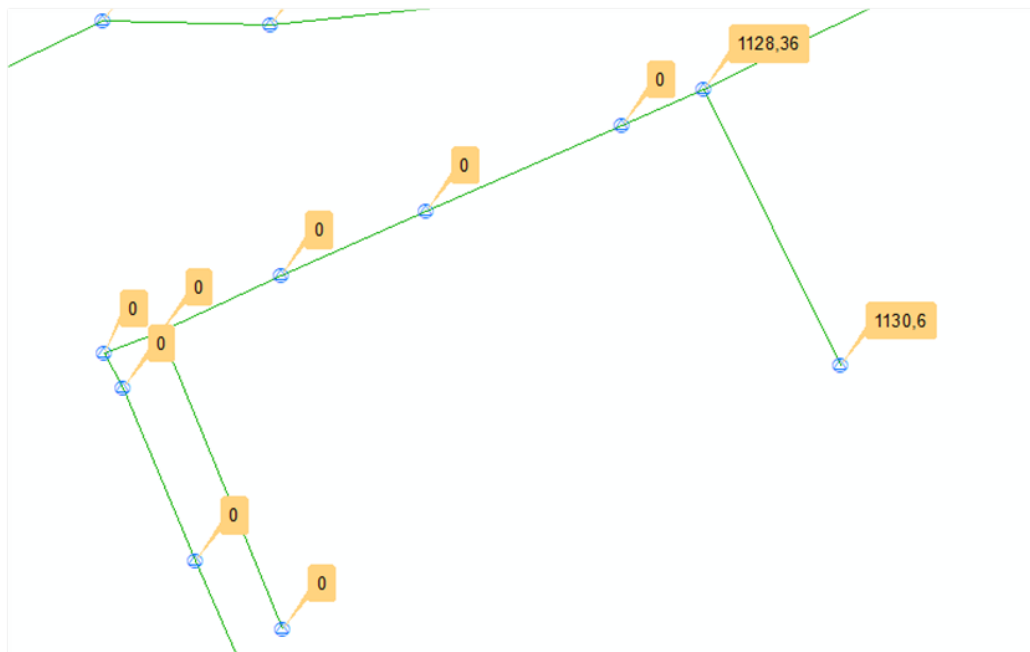


Figura 13: Modelo digital representando deformidades geradas devido a erros de preenchimento dos atributos

Como método alternativo para a correção da base, pode-se utilizar o processo de interpolação para recuperar o valor de COTA DE FUNDO do modelo digital elaborado, permitindo assim a correção dos locais que apresentam falta destas informações.



Nota: o processo de interpolação recupera do MDT os valores correspondentes de altimetria, para atualização dos componentes que apresentam falta desta informação.

Figura 14: Componentes que não possuem atributos de COTA DE FUNDO

Realizando o processo de levantamento topográfico utilizando estação total para a coleta dos valores de profundidade para cada PV, foi possível realizar uma comparação entre resultado do levantamento com a precisão aplicada quando utilizado o método de interpolado.

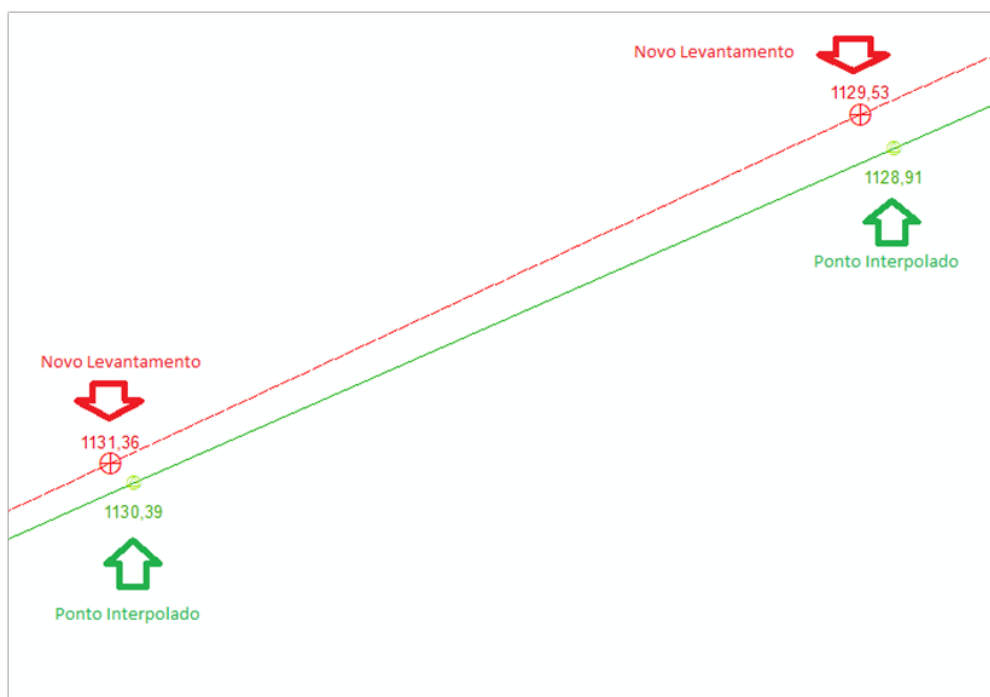


Figura 15: Comparação das informações coletadas pela estação total com o resultado obtido pelo processo de interpolação.

Foi observado que o processo de interpolação foi muito aderente quando comparado ao resultado coletado em campo, onde podemos comprovar ser útil como suporte as equipes no controle de qualidade no processo de atualização cadastral, representando visualmente pontos falhos como deformidades no modelo, permitindo a atuação pontual das equipes na realização de ajustes, auxiliando assim na redução de custos operacionais.

CONCLUSÃO

Mesmo se tratando de uma base de dados que tem um processo constante atualização realizado por equipes especializadas, não foi possível determinar com precisão a velocidade de deslocamento sem o completo entendimento das características em campo destas redes analisadas. Esta avaliação é fundamental para diferenciar os pontos que apresentam deficiências das informações cadastradas, com as características encontradas em campo, o que influenciam diretamente na precisão do modelo. Entretanto, quando comparado o método de levantamento em campo, com o processo de interpolação, foi possível observar que os valores ficaram próximos, apontando este processo como uma alternativa muito coerente. Outra possibilidade é aplicar o modelo em estimativas, como entender a vazão em escoamento para cada trecho da rede permitindo identificar os locais que necessitam de ampliação da rede para atendimento de novos clientes, determinar tempo de chegada do esgoto até a estação de tratamento, entender volume coletado para apoiar no dimensionamento da rede ou até mesmo identificar inconsistências cadastrais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA

1. BARROS, R. A história do saneamento básico no Brasil. **RodoInside**, Junho 2018. Disponível em: <<http://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-no-brasil/>>. Acesso em: Fevereiro 2018.
2. CAESB. **NORMA TÉCNICA CAESB**. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Águas Claras. 2011.
3. CARLOS, É. Lei 11.445 – Conheça a política de saneamento básico no Brasil. **Trata Brasil - Saneamento e Saúde**. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/blog/2017/02/07/a-politica-de-saneamento-basico/>>. Acesso em: Maio 2018.
4. FRANCELINO, M. ; SILVA, J. D. A. **Impacto da Inclinação Média na Delimitação de Área de Preservação Permanente**, 17 Fevereiro 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/floram/2014nahead/aop_floram_060913.pdf>.
5. JULIÃO, R. P.; CELESTINO, V. D. S. **MODELAGEM GEOGRÁFICA E ENERGIAS RENOVÁVEIS. APLICAÇÕES PARA APOIO À DECISÃO NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS**, 30 Março 2018. Disponível em: <www.ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2016/paper/download/249/35>.
6. OMS. OMS: 2,1 bilhões de pessoas não têm água potável em casa e mais do dobro não dispõem de saneamento seguro. **Organização Pan-Americana da Saúde**, Março 2018. Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5458:oms-2-1-bilhoes-de-pessoas-nao-tem-agua-potavel-em-casa-e-mais-do-dobro-nao-dispoem-de-saneamento-seguro&Itemid=839>. Acesso em: 2018.
7. PIZA, P. F. **Faculdade Sudoeste Paulista (FSP)**, 2013. Disponível em: <<https://engenhariacivildfsp.files.wordpress.com/2013/09/apostila-de-hidraulica.pdf>>. Acesso em: Janeiro 2018.
8. SITUAÇÃO Saneamento no Brasil. **Trata Brasil - Saneamento e Saúde**. Disponível em: <<http://m.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil>>. Acesso em: Junho 2018.
9. SOUSA, C. D. S. S.; SOUSA, S. C. S.; ALVARES, A. M. Portal de Periódicos Eletrônicos. **Diretrizes normativas para o saneamento básico no Brasil**, Maio 2018. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/viewFile/8243/7602>>.
10. TOMAZ, P. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos**. [S.l.]: [s.n.], 2010. Disponível em: <<http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>>. Acesso em: Fevereiro 2018.
11. VAZ, A. J. A Importância da Rede Coletora de Esgoto na Promoção da Qualidade SócioAmbiental. **Observatorio Geográfico de América Latina**. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egall2/Procesosambientales/Impactoambiental/71.pdf>>. Acesso em: Março 2018.