



**Encontro Técnico  
AESABESP**

29º Congresso Nacional  
de Saneamento e  
Meio Ambiente



**FENASAN**

parceiro



2018

## MODELO MATEMÁTICO DE CRITICIDADE PARA LINHAS DE COLETORES E INTERCEPTORES DE ESGOTO



### **Guilherme Akio Sakuma**

Tecnólogo Civil, 45 anos, graduado pela FATEC – São Paulo, com experiência de 22 anos em inspeção e recuperação de estruturas e tecnologia do concreto. Atualmente na Sabesp em São Paulo, no Departamento de Engenharia de Manutenção, atuando na área de inspeções civis.

Endereço: Rua José Rafaelli, 284 – Bairro Socorro – São Paulo –SP – CEP 04763-280 – Tel.:  
+ 55 (11) 5683 3281 – Fax: +55 (11) 5683 3060 - email: [gsakuma@sabesp.com.br](mailto:gsakuma@sabesp.com.br).



## RESUMO

A manutenção dos coletores e interceptores ainda é essencialmente direcionada para a manutenção corretiva, ou seja, baseada em medidas interventivas em fases muito avançadas do quadro patológico das estruturas ou na ocorrência de sinistros relacionados. Esta sistematização onera os custos operacionais e corretivos consideravelmente, sem mencionar os enormes prejuízos à imagem da empresa.

Evidente, portanto, que urge a mudança do foco de manutenção corretiva para a preventiva no que toca às linhas de esgoto.

Com este objetivo, foi elaborado o *Plano de Manutenção Preventiva de Coletores e Interceptores* em um esforço conjunto entre a *Superintendência de Manutenção Estratégica - MM* e a *Unidade de Negócio de Tratamento de Esgoto da Metropolitana - MT*, atualmente, em fase de implantação na MT.

O Plano prevê a criação de um amplo cadastro do quadro patológico das linhas de esgotamento sanitário, ponderados segundo um modelo matemático que gera índices de criticidade, permitindo uma classificação hierárquica de conservação das estruturas inspecionadas.

O presente trabalho ambiciona explicar sobre a mecânica deste modelo matemático adotado para o referido plano.

O diferencial do modelo é criar um índice de criticidade tripartido, de forma que cada subvalor é focado em uma natureza específica atuante nas linhas de águas servidas. Desta forma, foi criado um índice intrínseco focado no material em si; outro extrínseco, focado nos aspectos do entorno e, por fim; um operacional, focado em aspectos de operação.

Dentre as vantagens da análise tripartida, vale ressaltar a visualização mais condizente com a dinâmica estrutural, influenciada pela sinergia de múltiplas variáveis de naturezas distintas.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelo matemático; criticidade; hierarquização de estruturas; manutenção e conservação de linhas de esgoto; plano de manutenção preventiva.

## INTRODUÇÃO

O *Plano de Manutenção Preventiva de Coletores e Interceptores* da Sabesp é um modelo de gestão de estruturas civis de esgoto baseado em inspeções de diagnósticos e cadastramento do seu quadro patológico. É estruturado segundo índices de criticidade, gerados por modelo matemático próprio, especialmente modelado para fornecer uma interpretação fidedigna do perfil estrutural das linhas de águas servidas. Os índices visam retratar não apenas seu nível de deterioração estrutural, mas correlacionado este a características e aspectos deletérios de seu entorno, bem como peculiaridades operacionais.

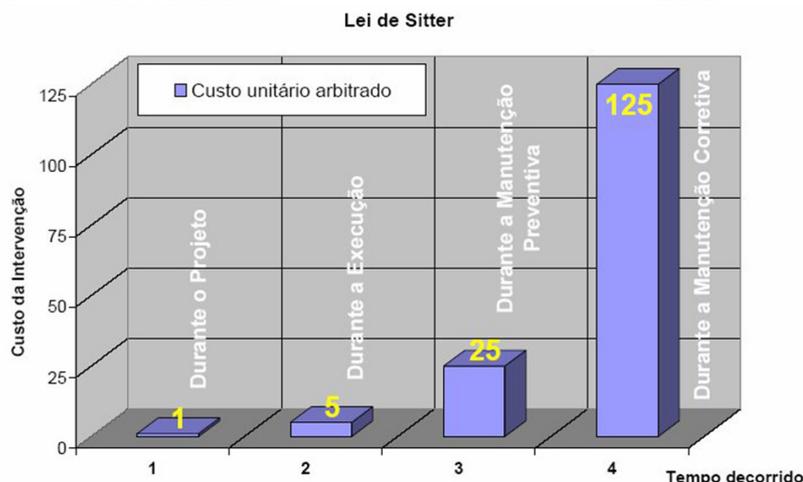
## OBJETIVO

Ao *Plano de Manutenção Preventiva de Coletores e Interceptores* da Sabesp compete, enquanto modelo de gestão de estruturas civis, dentre outras funções, oferecer uma hierarquização e priorização das estruturas no tocante a sua conservação e urgência de intervenção, reduzindo drasticamente as intervenções corretivas e emergenciais na medida em que permite definir momentos de intervenção anteriores ao estado crítico, geralmente caracterizado pelo colapso total ou parcial de um trecho da linha. Esta alteração na política da manutenção das redes de esgoto proporcionará não apenas uma redução significativa nos custos de intervenção, mas também a manutenção da imagem da empresa perante a população, na medida em que a política de gestão preventiva naturalmente reduz a ocorrência de sinistros.

Na questão econômico-financeira, pela *Lei de Sitter*<sup>1</sup>, fica bem demonstrado que os custos relativos à manutenção são bem mais onerosos conforme mais tardia é a fase da intervenção evoluindo exponencialmente, na proporção de uma progressão geométrica de razão cinco, por esse motivo esta máxima da manutenção também é conhecida como regra dos cinco. Em suma, a cada etapa da obra, a sua eventual retificação aumenta segundo uma curva exponencial de razão cinco, com relação a sua fase anterior (ver figura 1).

O modelo matemático almeja retratar a condição de conservação da linha com o máximo possível de precisão e com reduzida subjetividade, de forma a ser reconhecido como uma ferramenta de modelagem digna de ser adotada para trabalhar com a enorme quantidade de dados, tipicamente coletados em vistorias com cadastramento do quadro patológico de estruturas lineares de águas servidas.

<sup>1</sup> Lei de evolução de custos, Lei de Sitter (SITTER, 1984 CEB-RILEM)



**Figura 1- Gráfico que representa a evolução de custos segundo uma curva exponencial, máxima conhecida como *Lei de Sitter*.**

## METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia se baseia no processamento dos dados coletados em vistorias de cadastramento do quadro patológico de condutores de esgoto e seus respectivos poços de visita associados (PVs). Sem o devido processamento, esse imenso banco de dados teria pouca serventia prática, na medida em que é extremamente complexo e difícil interpretar objetivamente enormes quantidades de cadastros de anomalias que variam qualitativa e quantitativamente, além de possuírem aspectos deteriorantes relevantes relacionados do ambiente, à diversidade de materiais e aos métodos construtivos utilizados, sem mencionar os desgastes e fadigas decorrentes de vícios em sua operação.

Com este enorme desafio, o modelo matemático busca trabalhar segundo uma exclusiva estrutura de índices tripartidos, visto a natureza singular dos fatores a serem analisados. Cada um dos índices se correlaciona a uma abordagem de natureza diversa, quais sejam, natureza intrínseca, natureza extrínseca e natureza operacional. Os índices são analisados individualmente, de maneira a retratar, com a máxima fidelidade possível, a condição da estrutura quanto ao aspecto estrutural, operacional e espacial. Todavia, a despeito de seu caráter separatista, os índices interagem uns com os outros, de maneira a refletir a real sinergia que de fato ocorre na natureza. Em suma, o modelo matemático busca não apenas retratar o quadro patológico da estrutura através de análises particularizada das suas principais influências atuantes e distintas, mas busca simular a interação existente entre eles, na medida em que a piora de um aspecto tende a acelerar a deterioração de outro, em uma cadeia de deterioração cíclica e progressivamente perniciososa.

Para tanto, foram estabelecidos os seguintes índices de criticidade segundo suas natureza bem distintas, porém correlacionados:

1. Grau de Relevância Intrínseca (GRIn);
2. Grau de Relevância Extrínseca (GREx);
3. Grau de Relevância Operacional (GROp).

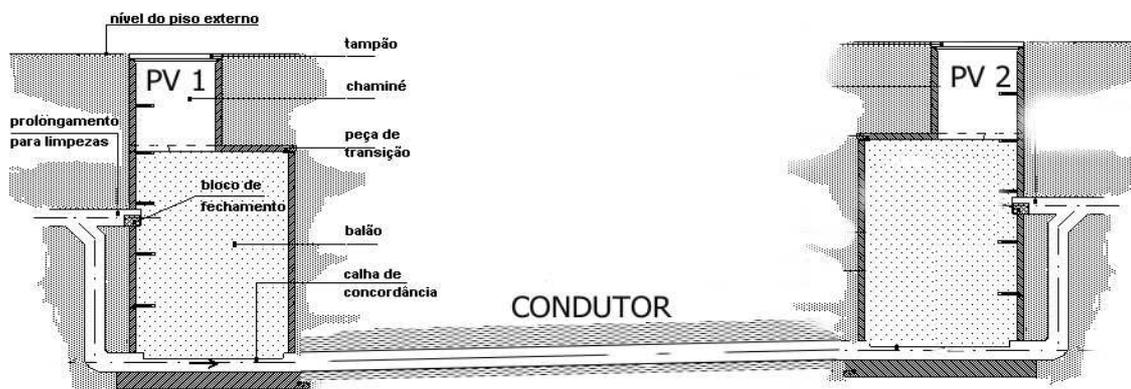
O Grau de Relevância Intrínseca – GRIn - consiste em um índice diretamente relacionado com o nível de deterioração e conservação das estruturas em si, ou seja, relativos ao seu material, composição estrutural e quadro patológico específico atuante. Esta análise é particularizada e específica tanto para o condutor quanto para seus respectivos PVs.

O Grau de Relevância Extrínseca – GREx - consiste em um índice diretamente relacionado com as características de seu entorno e sua influência sobre os elementos e materiais de composição do sistema, tanto do condutor quanto de seus respectivos PVs. Interage com os valores de GRIn.

O Grau de Relevância Operacional – GROp - consiste em um índice diretamente relacionado com aspectos de ordem operacional, representando os problemas, dificuldades e agravantes gerados por fatores desta ordem ou que com ela influem. Interage com o GREx e o GRIn.



A linha de águas servidas é composta de poços de visitas e condutores. Para o modelo matemático, a unidade mínima de inspeção e avaliação se compõe de um conjunto composto de um trecho de condutor intercalado por um poço de visita em cada uma de suas extremidades. Para o modelo, esta unidade mínima de cálculo é chamada de sistema.



**Figura 2- Definição de sistema ou “trecho” segundo considerado para o modelo matemático como unidade mínima de inspeção**

### Grau de Relevância Intrínseca - GRIn

O GRIn é um valor numérico puro representativo da condição estrutural e de conservação da estrutura propriamente dita. Relaciona-se diretamente com o quadro patológico dos condutores e poços de visita.

#### Resumo Legendado das Anomalias Cadastradas

Anomalia Tipo	Causa Provável	Fator de Intensidade de Dano (FI)
Junta com defeito	1 - ruptura (junta bordas, etc)	1 - Não conformidade geral leve
	2 - desnivelamento de bordas	2 - Não conformidade geral média, relacionada com material danificado ou prejudicado
	3 - deslocamentos	3 - Perda de sua estrutura ou de sua estanqueidade ou travamento parcial ou descolamento sem infiltração
	4 - esmagamento do material	4 - Perda de sua estrutura e de sua estanqueidade ou travamento total ou deslocamentos visíveis com infiltração em qualquer nível
	5 - má execução (genérica)	
	6 - vencimento ou prejuízo do material da junta	
	7 - contato com material agressivo	
	8 - ausência de material de vedação	
	9 - penetração de raízes	
Deformação	1 - colapso parcial	1 - Leve e sem outras anomalias associadas
	2 - esmagamento	2 - Leve com anomalias associadas ou média sem anomalias associadas
	3 - carga excessiva	3 - Grande sem anomalias associadas ou média com anomalias associadas
	4 - mal dimensionamento	4 - Grande com anomalias associadas <sup>2</sup> ou redução do diâmetro útil do condutor
	5 - problemas congênicos	

**Tabela 1 – Tabela onde estão pré-cadastradas anomalias típicas com seus respectivos níveis de intensidade.**

O seu valor é calculado a partir de valores pré-estabelecidos em tabela específica (ver tabela 1), a partir da qual o inspetor define seu nível de intensidade (análise qualitativa), segundo características catalogadas que definem um determinado valor, chamado de *fator de intensidade de dano* (Fi). Durante a inspeção também são registrados as causas prováveis da anomalia em questão, bem como o volume de ocorrências do tipo ao longo da linha (análise quantitativa).

A inspeção visual dos condutores (coletores/interceptores) se dá através da utilização de unidade remota de filmagem associado a circuito fechado de televisão (CFTV), que produz detalhado registro visual do trecho (fotografia e vídeos). Os poços de visita são, via de regra, vistoriados da maneira tradicional, ou seja, por meio



de inspeção visual direta, ou com a utilização de filmadoras especiais que reduzem ou eliminam a necessidade de acesso direto ao poço de visita.



**Figura 3- Inspeção de linhas de esgoto com a utilização da tecnologia de filmagem robotizada com circuito fechado de televisão**

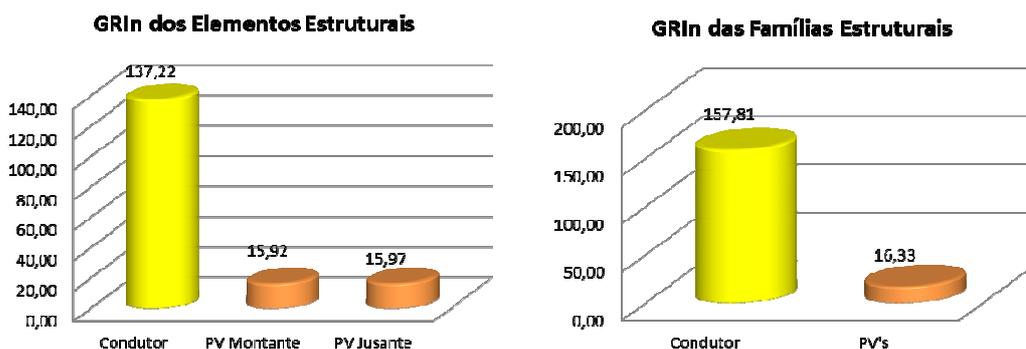
Vale observar que os dados coletados nos condutores e nos poços de visita são processados de forma específica pelo modelo matemático, visto a singularidade destas estruturas que impõe comportamentos e aspectos de conservação bem diferenciados.

Realizadas as vistorias, o modelo matemático, especificamente elaborado para compilar todos os registros coletados, gera um valor que representa o nível de conservação do trecho de condutor, bem como de seus poços de visitas associados, estes valores intermediários são chamados de  $GRIn_e$  (grau de relevância intrínseca do elemento) e se referem ao  $GRIn$  de cada um dos elementos analisados no trecho, quais sejam, o condutor e os dois poços de visita.

### Tabelas de $GRIn$ de Elementos, Famílias e Sistema

GRIn dos Elementos Estruturais ( $GRIn_e$ )			Fator de Prevalência a Estrutural do Conductor	GRIn das Famílias Estruturais ( $GRIn_f$ )		GRIn do Sistema (Trecho)
Conductor	PV Montante	PV Jusante		Conductor	PV's	
137,22	15,92	15,97	15%	157,81	16,33	160,02

**Tabela 2 – Planilha que calcula os valores de  $GRIn_e$  e  $GRIn_f$ , bem como o  $GRIn$  do sistema**



**Figura 4- Gráficos para a visualização dos valores de  $GRIn_e$  e do  $GRIn_f$  do condutor e poços de visita.**

Na sequência, o modelo determina um valor único para os poços de visita, fornecendo o chamado  $GRIn_f$  (grau de relevância intrínseca da família de PV). Finalmente, de posse destes valores é calculado o valor que representa o trecho como um todo, o  $GRIn$  do sistema (trecho composto do condutor e seus dois PVs). Para tanto, o modelo não calcula uma média, o que geraria distorções grandes e eventuais reduções dos valores do índice. Esta mecânica seria perigosa para a segurança estrutural que poderia ostentar valores diluídos mais baixos que a realidade do seu quadro patológico real. Assim, o modelo efetua uma maximização dos valores existentes, priorizando o mais alto e gerando um aumento proporcional aos demais valores calculados. Desta forma, não há redução de valor como seria esperado de uma média dos valores dos índices componentes ( $GRIn_e$  e  $GRIn_f$ ).



### **Grau de Relevância Extrínseca - GREx**

O Grau de Relevância Extrínseca (GREx) consiste em um índice diretamente relacionado com as características do entorno das estruturas e sua influência sobre os elementos e materiais de composição do sistema, tanto do condutor quanto de seus respectivos PVs. A exemplo do GRIn, também aqui é feita análise diferenciada e específica do coletor e poços de visita, em virtude de suas diferenças estruturais, bem como a maneira diferente com que interagem com o ambiente.

Desta forma, os poços de visita são avaliados segundo seis fatores pré-definidos, quais sejam:

1. Presença de lençol freático – fator relacionado com as influências do lençol freático com os elementos estruturais;
2. Tráfego do entorno – fator relacionado com as influências das vibrações e cargas oriundas do uso das vias do entorno;
3. Ocorrências de recalque no entorno - fator relacionado com a frequência de ocorrências de recalque no entorno do elemento;
4. Profundidade do PV - fator relacionado com as influências da profundidade do PV no que tange a sua proteção às vibrações do entorno;
5. Tipo de solo do entorno - fator relacionado com as influências do tipo de solo na conservação dos elementos;
6. Aterro e compactações - fator relacionado com as influências e consequências dos aterros e compactações realizadas durante a execução do PV.

Já os condutores são avaliados segundo seis fatores pré-definidos, quais sejam:

1. Presença de lençol freático – fator relacionado com as influências do lençol freático com os elementos estruturais;
2. Tráfego do entorno – fator relacionado com as influências das vibrações e cargas oriundas do uso das vias do entorno;
3. Ocorrências de recalque no entorno - fator relacionado com a frequência de ocorrências de recalque no entorno do elemento;
4. Profundidade do PV - fator relacionado com as influências da profundidade do PV no que tange a sua proteção às vibrações do entorno;
5. Tipo de solo do entorno - fator relacionado com as influências do tipo de solo na conservação dos elementos;
6. Aterro e compactações - fator relacionado com as influências e consequências dos aterros e compactações realizadas durante a execução do PV. Este fator é exclusivo dos condutores executados pelo método escavado.

Cada um desses fatores é avaliado segundo critérios pré-definidos tabelados. Estes fatores, via de regra, possuem quatro níveis de gravidade, ou seja, quatro níveis de condições organizados em ordem crescente de gravidade.

A obtenção dos dados para o cálculo do GREx não exigirão, no mais das vezes, inspeção específica, assim o procedimento de inspeção não será detalhado.

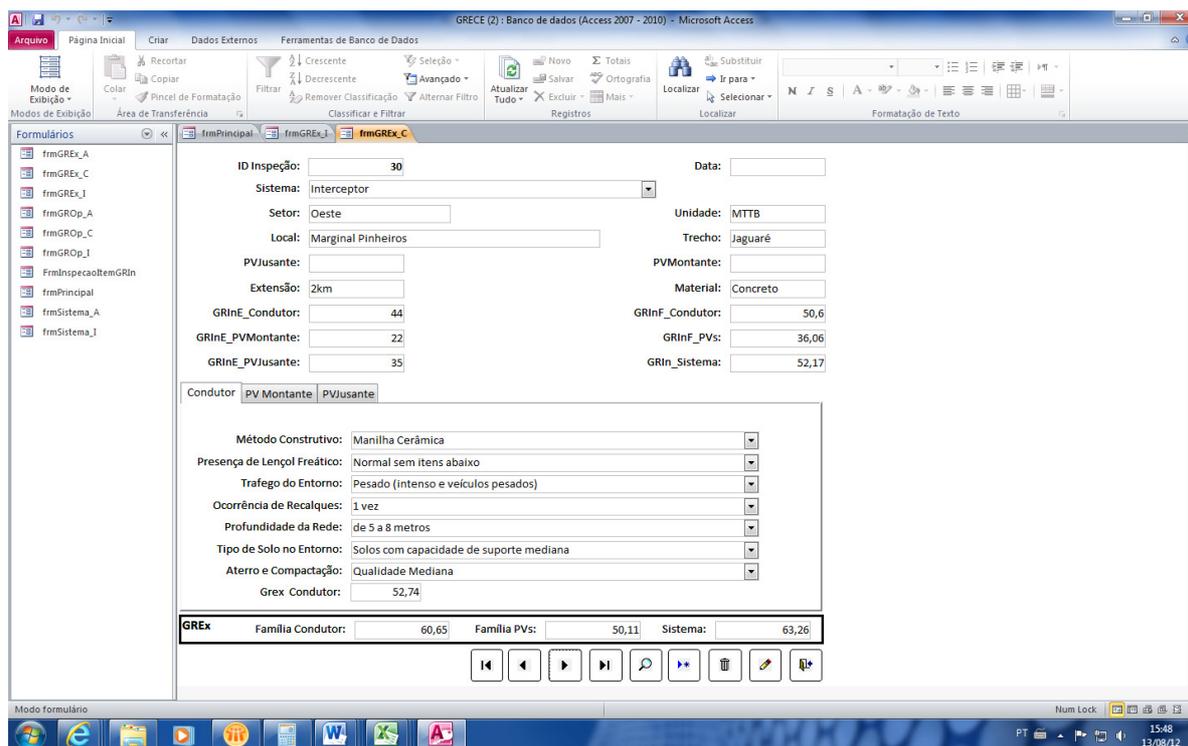
Os dados devem ser obtidos através de consulta a cadastros de informações, entrevistas com operadores do sistema e acesso a registros idôneos. Também poderá ser obtido através de vistoria simples no local, ou seja, apenas a constatação descritiva da situação real para posterior lançamento no programa. Vale lembrar que deverá também ser lançado o valor do respectivo GRIn do sistema para o efetivo cálculo de interação. Assim, o modelo processa o valor do GRIn para a composição do valor final do GREx, de modo que valores mais críticos do primeiro geram um valor mais crítico do segundo em virtude da interação das condições de conservação.



FATORES EXTRÍNSECOS	CONDIÇÕES	ANEL SEGMENTADO				Condição Real (X)	ptos máximos	Total
		Porcentagem Atribuída						
PRESENÇA DE LENÇOL FREÁTICO	Normal sem itens abaixo	5%	1,3				25	25
	Cursos d'água no entorno	45%		11				
	Lençol Freático atinge a cota da estrutura	70%			18			
	Cursos d'água no entorno e lençol freático atinge a cota da estrutura	100%			25	X		
TRÁFEGO DO ENTORNO	faixa de servidão	5%	1,3				25	18
	Leve	20%		5				
	Mediano (intenso ou veículos pesados)	70%			18	X		
	Pesado (intenso e veículos pesados)	100%			25			
OCORRÊNCIA DE RECALQUES NO ENTORNO	nehuma vez	1%	0,3				30	9
	1 vez	30%		9		X		
	2 vezes	60%			18			
	mais de 3 vez, falha sistematica	100%			30			

**Tabela 3 – Planilha do modelo matemático que calcula os valores relativos ao GREx.**

Visando facilitar o lançamento dos dados, foi elaborado um programa próprio programado em Access para o cálculo do GREx, este programa se intitula GRECE<sup>2</sup> e se presta tanto para o cálculo de GREx quanto do GROp (ver figura 5).



**Figura 5 – Programa GRECE que calcula e sopesa os parâmetros extrínsecos para o cálculo do valor dos GREx dos poços de visite e, posteriormente, o GREx do trecho. O mesmo programa se destina ao cálculo de GROp.**

### Grau de Relevância Operacional - GROp

O Grau de Relevância Operacional (GROp) consiste em um índice diretamente relacionado com fatores de ordem operacional, representando os problemas, dificuldades e agravantes gerados por aspectos desta ordem.

<sup>2</sup> GRECE – Planilha para o Grau de Risco de Estruturas Civas de Esgoto



O GROp, a exemplo do GRIn e GREx, também se utiliza do conceito de “trecho” ou “sistema” para o cálculo. Lembrando que “trecho” é a menor unidade de classificação, constituindo um sistema isolado composto de um condutor, um PV a montante e outro a jusante deste. Contudo, diferentemente do cálculo de GRIn e GREx, cujo cálculo do grau se dava pela interação entre as notas individuais atribuídas a estes três elementos (condutor, PV jusante e PV montante), o valor de GROp é atribuído ao sistema ou “trecho” como um todo diretamente, assim a subdivisão em condutores e PVs existentes nos outros demais índices, aqui é irrelevante. No entanto, ainda assim, o trecho deverá ser subdividido em sistemas isolados, a exemplo dos outros índices. Essa necessidade reside no fato de que o modelo matemático promove interação entre os índices, de forma que o valor de GROp, a princípio único, interage com o GRIn e com o GREx de cada sistema, produzindo valores diferenciados baseados unicamente na interação dos índices. Assim, em que pese o fato das características e fatores determinantes do GROp sejam potencialmente válidos para toda a linha, até porque a operação é geral e suas características ao longo de toda sua extensão mudam pouco ou nada, ainda haverá as diferenças derivadas das variações dos outros dois graus (GRIn e GREx) ao longo do trecho, o que induz valores sensivelmente diferentes em cada sistema isolado considerado.

O valor do GROp será um número adimensional, puro, com duas casas decimais que representará seu grau de dano de natureza operacional. Diferentemente dos outros dois índices, não possui família nem valores separados para os PVs. Sua amplitude vai de 0 a 200, a exemplo dos demais graus de relevância, sem subdivisão em famílias e, portanto, sem o valor intermediário do GROp de família, conforme já exposto.

Em suma, os valores de GRIn e de GREx interagem com os demais fatores do GROp, gerando valor baseado nas influências indiretas dos outros graus de relevância, ou seja, os três índices interagem entre si, fornecendo um quadro dinâmico e mais próximo da realidade.

Visto que o desempenho operacional é amplamente influenciado por seu diâmetro de serviço, o módulo trabalha segundo três faixas relacionadas ao diâmetro em estudo. Assim, o primeiro parâmetro a ser preenchido é justamente o relativo às três faixas, quais sejam:

1. diâmetros até 400 mm;
2. diâmetros de 400 mm a 1200 mm;
3. diâmetros acima de 1200mm.

Este padrão de faixas foi baseado na *Norma Técnica Sabesp - NTS 026 – Elaboração de Projetos - Coletores Troncos, Interceptores e Emissários por Gravidade*, item 1.1 – Poços de Visita. Dessa forma, o restante do cálculo foi baseado na faixa do respectivo diâmetro, visto que se fundou em parâmetros e pesos específicos do respectivo diâmetro.

Uma vez definido o diâmetro de trabalho, se procede à avaliação dos aspectos operacionais avaliados segundo os referidos sete fatores pré-definidos para a composição do GROp, quais sejam:

1. Contribuição – fator relacionado com a adequação do fluxo de esgoto médio real frente ao fluxo considerado no projeto original;
2. Refluxo – fator relacionado com a frequência de ocorrências de refluxos no trecho, ou seja, o retrocesso das águas servidas com o consequente despejo destas nos pontos de captação;
3. Assoreamento - fator relacionado com a frequência ou existência de ocorrências de assoreamento no interior do condutor;
4. Águas Pluviais - fator relacionado com a frequência, existência e intensidade das águas pluviais nos condutores do trecho;
5. Dependência a Órgãos Externos - fator relacionado com as dificuldades, procedimentos exigidos, tempo de trâmite, dentre outros contratempos relativos aos órgãos fiscalizadores ou agentes responsáveis pela liberação necessária para as operações de manutenção;
6. Profundidade da Rede - fator relacionado com as dificuldades inerentes de manutenção, inspeção e intervenção impostas por um trecho localizado em grande profundidade.
7. Distância entre PVs - fator relacionado com as dificuldades inerentes de manutenção, inspeção e intervenção impostas por um trecho com número reduzido de PVs.

Finalmente, como já relatado, o modelo matemático é alimentado via GRECE, o programa de processamento estruturado em *Access* para o cálculo do GROp.



## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como se pode observar, os valores dos três índices interagem entre si. Mais precisamente, o valor de GRIn compõe e influenciam nos valores de GREx e o valores destes dois, por sua vez, compõe e influenciam na composição do valor de GROp.

Nem sempre se dispõe de todos os índices simultaneamente, neste caso, é admissível a obtenção de apenas um ou dois deles. Contudo, a não obtenção de um dos índices para o cálculo de outro implica na sua máxima valorização quando utilizado para composição de outro, por questão de segurança do cálculo. Desta forma, levantar os valores torna-se um fator que tende a reduzir os valores de determinado trecho, estimulando o cadastramento.

Vale reforçar que a obtenção dos três índices oferece ao gestor da estrutura uma visão ampla e precisa das várias naturezas atuantes, com relação ao estado de conservação da linha, de maneira que o ideal é sempre não medir esforços para a obtenção de todos eles.

Coletor/Interceptor	TRECHO 1
<b>GRIN</b> (GRAU DE RELEVÂNCIA INTRÍNSECA)	<b>INTERVENÇÃO IMEDIATA</b> <b>NECESSIDADE DE INTERVENÇÃO</b> <b>NORMAL</b>
<b>GREX</b> (GRAU DE RELEVÂNCIA EXTRÍNSECA)	
<b>GROP</b> (GRAU DE RELEVÂNCIA OPERACIONAL)	

Tabela 4 – Tabela resumo com classificação dos três índices de criticidade com suas respectivas classificações.

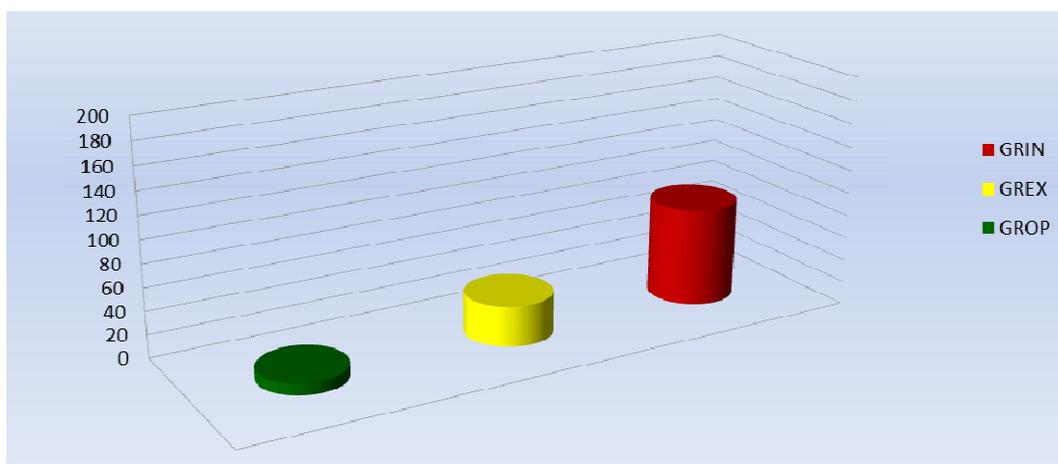


Figura 6 – Gráfico final comparativo entre os três índices de criticidade, segundo demonstrados na tabela 3.

De forma a facilitar a análise destes resultados são fornecidos, pelo modelo matemático, gráficos que facilitam a visualização e interpretação dos valores, bem como sua interação (ver figura 6).

## CLASSIFICAÇÃO FINAL

Considerando-se que os três índices possuem a mesma amplitude, qual seja, o valor de 200, é possível uma única classificação de criticidade com os três índices simultaneamente. Esta metodologia permite uma comparação fidedigna dos parâmetros analisados, sem distorção ou necessidade de transformação ou equivalências, mesmo sendo estes de natureza distintas.

Desta forma, a enorme quantidade de dados tipicamente coletados em inspeções de linhas de esgoto e seus poços de visita são traduzidos em valores simples, confiáveis e de fácil interpretação, se tornando uma forte ferramenta de gestão destas estruturas, unindo confiabilidade e praticidade.

equivalências, mesmo sendo estes de natureza distintas.



Nível de Deterioração	Gradação	GRIn	GREx	GROp	Medidas a serem adotadas
Intervenção Imediata	>150				Necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança
Intervenção Prioritária	>120 a 150				Observação periódica demandando Intervenção a curto prazo
Necessidade de Intervenção	>80 a 120				Observação periódica demandando necessidade de intervenção entre médio e curto prazo
A Acompanhar	>40 a 80				Observação periódica
Normal	≤ 40				Estado aceitável em termos de sua durabilidade e segurança

Tabela 5 – Tabela resumo com classificação dos três índices de criticidade e sugestão de medidas a serem adotadas conforme sua condição de deterioração.

### FASE ATUAL DE DESENVOLVIMENTO

Atualmente o modelo matemático de criticidade de linhas de esgoto está sendo adotado pelo *Plano de Manutenção Preventiva de Coletores e Interceptores*, gerido pela *Unidade de Negócio de Tratamento de Esgoto da Metropolitana – MT*, com suporte da *Superintendência de Manutenção Estratégica - MM* e tem obtido bons resultados.

O modelo se adaptou, inclusive, para o recebimento de linhas, após alguns ajustes.

Segundo a MT o modelo se mostrou muito satisfatório como ferramenta de gestão, na medida em que auxilia de forma objetiva a tomada de decisões no que tange às intervenções e sua priorização.

### CONCLUSÕES

A obtenção de um modelo que reflita a realidade de linhas de esgoto se apresenta como um desafio hercúleo, em virtude de suas inúmeras influências degradantes e coexistentes, materiais e metodologias construtivas diversas, dificuldades de vistoria, além da dificuldade de interpretação da imensa quantidade de dados levantados nestas inspeções.

O modelo matemático de criticidade de linhas de esgoto surge como uma solução bem estruturada na medida em que fornece análise tripartida com índices baseados em aspectos diversos com considerável objetividade e precisão.

No mais, vale salientar a louvável iniciativa da SABESP que toma a frente em atuar em questão tão complexa pró ativamente, em um esforço de reverter uma visão essencialmente corretiva para a preventiva, mesmo sem a existência da obrigação legal. Vale lembrar que em muitos países desenvolvidos, a exemplo dos Estados Unidos, a vistoria e análise das condições das linhas de esgoto são obrigações legais, sujeitas a sanções severas para os municípios e suas empresas de saneamento encarregadas que não cumprem o dispositivo legal.

### REFERÊNCIAS TÉCNICAS

Norma Técnica Sabesp - NTS 026 – Elaboração de Projetos - Coletores Troncos, Interceptores e Emissários por Gravidade

Norma Técnica Sabesp - NTS 215 – Filmagem de Sistemas Coletores de Esgoto

PACP – *Pipeline Assessment Certification Program* da NASSCO – *National Association of Sewer Service*

*Plano de Manutenção Preventiva em Estruturas Civas* – Sabesp – Superintendência de Manutenção - MME