

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
TRABALHO PRÁTICO APRESENTADO A DISCIPLINA DE BANCO
DE DADOS GEOGRÁFICOS

JOÃO VITOR FERREIRA
MARCELO LOMMEZ RODRIGUES DE JESUS

BARRAGENS NO BRASIL

BELO HORIZONTE/MG

2022

Sumário

Introdução	3
Análise exploratória	4
a. Quantidade de barragens	4
b. Classificação por uso barragem	5
c. Classificação por categoria de risco	7
d. Classificação por impacto potencial	7
e. Barragem com risco alto e impacto potencial alto	8
f. Reconstrução de um dicionário de dados, descrevendo cada coluna e valores permitidos	9
g. Correção de problemas de padronização nas colunas.....	9
h. Análise crítica do conteúdo disponível (o Relatório 2021 da ANM, em PDF).....	10
Banco de Dados Geográficos.....	15
1. Construção do BDG	15
2. Ampliação do BDG	15
Fontes De Dados	16
Metadados.....	18
Produção de visualizações.....	23
I. Cidades próximas a barragens.....	23
II. Barragens de alto risco próximas a estradas	24
III. Possíveis impactos causados por um possível rompimento de uma barragem.....	25

Introdução

Este trabalho possui como seu principal objetivo colocar em prática todos os conhecimentos passados em sala de aula, com um intuito de se montar um Banco de Dados e realizar análises sobre o conteúdo ao qual está inserido nele. A temática deste trabalho é a de barragens sob o território nacional.

Para que se possa criar este banco de dados é necessário coletar dados sobre as barragens presentes no território nacional. Com isso recorre-se a Agência Nacional de Mineração, que anualmente divulga as informações sobre todas as barragens cadastradas no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). No entanto, estes dados são extremamente limitados e possuem muitas inconsistências e erros, dificultando o manejo e inferências sobre ele.

Contudo, para que conclusões sobre as barragens possam ser tiradas devemos expandir este banco e para isso usaremos os dados disponibilizados pelo IBGE, INDE e o portal dados.gov

Ao longo deste trabalho serão apresentadas informações, análise dos dados e as inferências, retiradas sobre o conteúdo deste banco, englobando questões inerentes as barragens.

Dado as limitações de upload do Moodle segue o link com o backup do banco juntamente da cópia de todos os documentos entregues:
https://1drv.ms/u/s!AiBU1jbirelGqbMjoi_NKIZWP8cCQw?e=BASugv

Análise exploratória

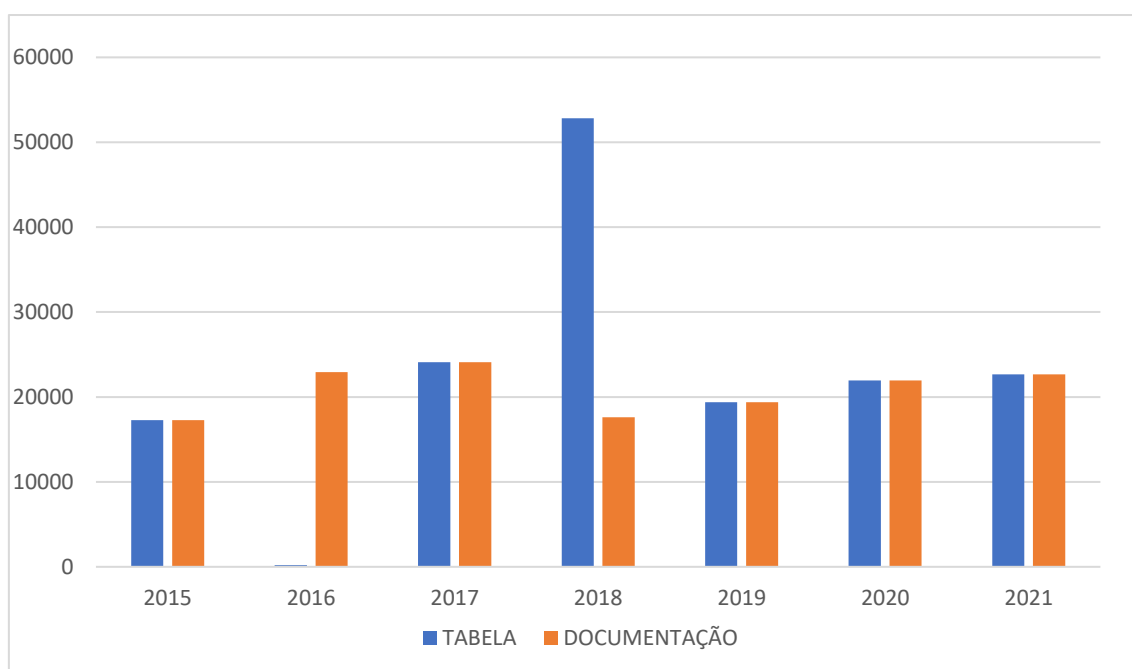
a. Quantidade de barragens

Para este tópico foram analisadas as barragens conforme os relatórios anuais da SNISB/ANM, como sera discutido mais adiante nesta documentação foram adicionados ao banco as tabelas dos anos de 2015 até 2021.

Inicialmente visamos olhar para as tabelas e fizemos consultas simples em SQL, está sendo apenas para poder contar a quantidade de linhas na tabela, visto que cada linha representa 1 barragem. Para poder checar a quantidade de barragens documentadas anualmente, o resultado obtido foi:

ANO	# DE BARRAGENS (TABELA)	# DE BARRAGENS (DOCUMENTAÇÃO)
2021	22654	22654
2020	21953	21953
2019	19388	19388
2018	52815	17604
2017	24097	24092
2016	178	22920
2015	17259	17259

Diante destes dados coletados podemos observar que não houve uma alta consistência do número de barragens disponíveis para acesso com o real número, em especial nos anos de 2016 e 2018, aos quais possuem menos e mais barragens na tabela do que o número real respectivamente. Pelos dados estarem disponíveis incompletamente algumas conclusões e análises serão prejudicadas, mas este ponto sera abordado com detalhes em sessões futuras. Outra forma para a qual podemos analisar este dado é através de um gráfico que correlaciona a quantidade de barragens ano por ano.



Era de interesse em realizar esta mesma visualização para poder traçar uma relação com as barragens incluídas e excluídas ano a ano dos dados, no entanto, ela não é possível de ser realizada com todos os anos, devido à falta de continuidade dos dados além da formatação, ou seja, poucos dados da tabela estão formatados de maneira igual a modo que possamos realizar as consultas comparando ano a ano. Devido a essa grande limitação presente nos dados, somente foi possível realizar esta análise para os seguintes anos:

b. Classificação por uso barragem

Neste tópico pretende-se analisar a quantidade de barragens classificadas por uso, além de tentar chegar a alguma conclusão sobre elas ao longo dos 6 anos de dados disponíveis. No entanto, como alguns dados divergem bastante e em algumas tabelas temos diversos diferentes, como, por exemplo, em 2015 há mais de 200 tipos de uso, nela somente será listado os tipos que aparecem em outras tabelas para fins de clareza e diminuição de dados pouco relevantes para a análise.

Inicialmente observaremos a quantidade de uso barragem por ano.

Uso Principal	Quantidade						
Ano	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015
Abastecimento humano	1792	1698	1616	3939	1803	45	791
Agricultura	1427	1349	1209	3252	2702	0	1888
Combate às secas	47	43	42	93	32	0	33
Contenção de rejeitos de mineração	909	858	802	2805	790	0	0
Contenção de resíduos industriais	47	44	45	132	55	0	3
Contenção de Sedimentos	6	6	1	0	0	0	0
Defesa contra inundações	31	26	22	66	22	0	0
Dessedentação Animal	4771	4654	4446	12159	4245	8	469
Hidrelétrica	1303	1299	905	2721	890	0	644
Industrial	529	535	472	1122	846	2	596
Irrigação	8823	9321	8071	22338	9827	40	2674
Navegação	2	2	2	0	0	0	0
Paisagismo	207	180	16	0	0	0	0
Proteção do meio ambiente	61	63	55	126	49	0	0
Recreação	477	455	300	597	914	3	0
Regularização de vazão	2222	1420	1384	507	753	18	29
Outros	0	0	0	732	445	3	3421
Sem Informação	0	0	0	2223	719	59	6711
Total	22654	21953	19388	52812	24092	178	17259

Com os dados da tabela acima podemos notar que ao longo dos anos os dados foram melhor tratados e com isso o tipo de uso de cada barragem foi mais bem documentado. Como podemos notar, as barragens de 2021, 2020 e 2019, tem seus dados cadastrados de forma mais correta, pois é notório que não há barragens classificadas como outros ou sem informação sobre o uso.

Dessa forma vemos que a maioria das barragens são de uso para irrigação, seguido por Dessedentação Animal e Regularização de vazão. Esta classificação se mantém para os 3 anos.

c. Classificação por categoria de risco

Agora analisaremos e olhar para as barragens pensando na classificação de risco que elas receberam

	ANO						
Categoria	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015
Alto	2503	2074	1823	4290	1124	32	735
Médio	2169	1942	1483	3009	670	48	427
Baixo	1835	2058	1628	5394	1749	4	1206
Não Classificado	16147	15879	14454	40122	20554	61	14891
Em construção	0	0	0	0	0	33	0
TOTAL	22654	21953	19388	52815	24097	178	17259

Diante da tabela acima conseguimos inferir que. Após o rompimento da barragem de Brumadinho em 2019 o número de barragens consideradas de risco alto teve um aumento, no entanto, de 2018 para 2019 ele reduziu mais de 50%, isso se deve ao fato dos dados na planilha de 2018 haver grande inconsistências. Também é notório que ao longo dos anos a quantidade de barragens não classificadas vem aumentando, o que pode ser explicado pela adição de novas barragens na análise, já que os aumentos maiores anuais foram nas classificações.

d. Classificação por impacto potencial

Analisaremos o possível impacto potencial da mesma forma que o risco.

	ANO						
Categoria	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015
Alto	3724	3724	3506	9858	2986	92	1017
Médio	1088	1015	930	2577	689	22	315
Baixo	4639	3739	2821	7296	1784	63	892
Não Classificado	13203	13475	12131	33084	18638	1	15035
TOTAL	22654	21953	19388	52815	24097	178	17259

Logo diante dos dados apresentados conseguimos notar que foi mantido a proporção de aumento visto no item anterior. Que se manteve igual à quantidade de barragens com impacto alto de 2020 para 2021, porém o número de impacto baixo e médio aumentou enquanto as não classificadas reduziu.

e. Barragem com risco alto e impacto potencial alto

Analisando os dados dos dois itens anteriores, pode ser ver que há um número considerável de barragens com risco alto, com isso surge o questionamento sobre a quantidade de barragens que possuem o risco e impacto alto.

ANO	QUANTIDADE
2021	1219
2020	1161
2019	1096
2018	2727
2017	723
2016	20
2015	263

Dado este resultado vemos haver uma tendência ao crescimento da correlação risco alto com impacto alto. E isto é um fator que é de interesse de se analisar, portanto, sera um dos enfoques deste TP, ou seja, sera escolhido pelo menos 2 barragens da análise de 2021 para serem feitas visualizações e análises do que poderia ser impactado caso ela se rompa. Dado que moramos em Belo Horizonte sera pretendido encontrar as barragens mais próximas que caso rompam possam

afetar a cidade de Belo Horizonte, além disso, o estado de Minas Gerais foi palco dos 2 maiores desastres brasileiros envolvendo o rompimento de barragens, a de Mariana em 2015 e a de Brumadinho em 2019.

- f. Reconstrução de um dicionário de dados, descrevendo cada coluna e valores permitidos

Este tópico sera realizado juntamente dos metadados.

- g. Correção de problemas de padronização nas colunas

Para este campo, em relação às tabelas de barragem, somente algumas das tabelas receberam este tratamento intensivamente, elas foram:

- Barragem (2021)
- Barragem (2020)
- Barragem (2019)

Para as outras foram feitas alterações pequenas devido aos dados possuírem pouca coesão e de que seria impossível tratá-los corretamente e em tempo hábil para a execução e entrega deste trabalho, o maior exemplo é a tabela de barragem_2018, esta tabela é a que por análises efetuadas possui a maior quantidade de dados e o maior número de dados faltantes. Já que foi mencionado o ponto de dados que estão faltando, todas as tabelas possuem uma grande falha na continuidade de dados, o que afetou em diversas proporções a execução deste trabalho.

Para poder ser mais claro na forma em que padronizei os dados:

- Código SNISB → codigo_SNISB
- Nome da Barragem → nome_barr
- Nome Secundário da Barragem → nome_sec
- Estado onde a barragem está situada → UF

- Categoria de risco → cat_risco

Para os dados de todas as tabelas

- Latitude → lat
- Longitude → long
- Geometria/Geografia → geom

No mais os outros nomes seguem o padrão do exemplo disponibilizado na especificação deste TP ou são altamente descritivos, os que fogem deste tipo foram detalhados nos metadados.

Outra padronização adotada foi o de que na coluna “geom”, para todas as tabelas, sem exceção, que possui ela foi adotada o padrão WGS84 (4326). Para haver uma coerência de geometrias e para que ao realizar as consultas não seja necessário a conversão de dados.

h. Análise crítica do conteúdo disponível (o Relatório 2021 da ANM, em PDF)

Conforme os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens — SNISB existem 22.654 barragens cadastradas no país, isso é um aumento de 3% em relação ao fim de 2020. Dessas barragens registradas, apenas 12.167(54%) possuem informação de altura, 19.744(87%) informação de volume e 11.488(51%) possuem algum tipo de ato de autorização(outorga, concessão, autorização, licença, entre outros), estando regularizadas. Além disso, o número de barragens com empreendedor identificado é de 11.432(50%).

Além dos números anteriores serem uma melhora em relação ao ano anterior, também teve uma melhora medida pelo Indicador de Completude da Informação — ICI, em que 58% das barragens cadastradas encontram-se na faixa mínima, 8% encontram-se na faixa baixa, 8% na faixa média, 10% na faixa boa e 16% estão na faixa ótima. Esses números correspondem a 5.474 barragens(24% do total) em que se submete a PNSB, e outras 4.313(19%) não submetidas a PNSB. Ou seja, 12.867 barragens(57%) cadastradas não possuem informações

suficientes para dizer se elas se submetem ou não à PNSB. Mesmo assim, mesmo com um aumento no número de barragens cadastradas, houve uma redução no número de barragens sem informação em comparação com 2020 graças ao trabalho dos fiscalizadores.

Analisando os dados das barragens submetidas a PNSB pode ser verificado que mais da metade delas possui altura inferior a 15 metros. Em relação ao volume, 62% possuem capacidade inferior a 3 hectômetros cúbicos, sendo que do total, quase metade(48%) são consideradas pequenas, ou seja, possuem volume inferior a 1 hectômetro cúbico. Em relação ao material, 56% das barragens submetidas foram construídas em terra e 27% não possuem informação. No caso do uso, 34% são usadas para irrigação, 21% para abastecimento humano, 14% para hidrelétricas e 8% ligadas a contenção de rejeitos de mineração.

Outro dado importante é em relação à informação de empreendedor, sendo que 4.198 possuem informações e 1.276 não. Das que possuem informações, as principais empreendedoras são o DNOCS(228 barragens), a Vale(113) e a COGERH(91). Desses números, 2.711 barragens pertencem a empreendedores particulares(50%) e 23% não possuem informações.

Para o RSB foram reportadas 9.451 barragens quanto ao Dano Potencial Associado, em que 68% possuem DPA alto. Em relação à Categoria de Risco foram reportadas 8.286 barragens, sendo que apenas 28% possuem CRI alto, enquanto existem 1.219(22%) barragens com CRI e DPA altos. Dentre essas barragens, 38% são de entidades públicas, 36% são privadas e 20% não possuem empreendedores identificados.

Em 2021, o número de profissionais trabalhando com segurança de barragens nos fiscalizadores foi 12% superior a 2020, somando 257 pessoas. Sendo que 119(46%) trabalham exclusivamente com o tema, e 138(54%) dividem as atividades com outros assuntos nos órgãos. Em relação à forma de estruturação

de cada um dos 33 órgãos efetivamente fiscalizadores de segurança de barragens, 61% possuem equipes compostas por até cinco pessoas trabalhando no tema, outros 27% entre seis e 15, e os demais 12% acima de 15 pessoas. Os órgãos com maior efetivo são a ANM (45), ANEEL (21), SEMAD (20), SEMAS (17), SEMAD (12) e SEMA (12).

No ano de 2021 os fiscalizadores relataram que suas equipes tiveram, no total, 7.594 horas de capacitação, valor cerca de 40% inferior ao observado em 2020. Mas também foi destaque a grande oferta de cursos oferecidos pelo Comitê Brasileiro de

Barragens – CBDB, tratando dos mais diversos temas de forma bastante específica, como cursos para barragens de aterro, de enrocamento, de concreto, instrumentação, hidráulica, de vertedouros, corridas detriticas, Planos de Emergência e Contingência, etc. Também tiveram diversos eventos por parte dos fiscalizadores.

Já segundo a regulamentação, um percentual de 94% dos 33 órgãos efetivamente fiscalizadores já regulamentara o Plano de Segurança e a Revisão Periódica de Segurança da Barragem, 91% as inspeções regulares, e 88% as inspeções especiais e o Plano de Ação de Emergência.

Em 2021, foi reportada a existência de 187 barragens de 24 fiscalizadores que os preocupam de forma mais acentuada, aumento de 54% em relação a 2020. Elas estão distribuídas em 22 estados, com destaque para Minas Gerais(66), Goiás(18), Pará(18) e Pernambuco(15). A maioria das barragens nessa categoria pertencem a empreendedores privados (69%), sendo que a empreendedora com maior número de barragens nessa situação é a Vale.

Os principais motivos de preocupação citados pelos fiscalizadores estão relacionados quanto ao DPA e a CRI, indicados em 92 barragens(49%), além do estado de conservação, indicado em 90 barragens (48%).

Nesse ano, os valores orçamentários previstos em segurança de barragens foram os maiores da série histórica, um montante aproximado de R\$199 milhões, 34% da esfera federal e 66% da esfera estadual. Sendo que o valor pago foi de R\$128 milhões, representando 64% do originalmente previsto. Os maiores gastos foram para as ações orçamentárias de reabilitação de barragens (R\$41 milhões) e na recuperação de reservatórios do Projeto de Integração do rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF(R\$25 milhões).

No âmbito de acidentes ou incidentes foram reportados 13 acidentes e 37 incidentes esse ano. Sendo a maioria deles relatando a possibilidade ou a ocorrência de galgamento de barragens devido a cheias, podendo ter rompido ou esvaziado todo o reservatório. Foi observado também que em todos os acidentes reportados as barragens não possuíam o PAE, documento essencial nesse tipo de situação.

Tendo em vista tudo o que ocorreu esse ano, pode ser visto uma melhora em relação ao número de barragens registradas, sendo que mesmo com um aumento de número de barragens, o número de barragens submetidas a PNSB foi menor, mesmo em um ano de pandemia graças ao trabalho dos fiscalizadores. Mesmo assim ainda apenas 24% se submetem, 19% não se submetem e 57% não possuem informações o suficiente, o que acaba sendo uma porcentagem muito alta de barragens que não possuem cadastro, o que é ruim para os moradores da região que não possuem informações a respeito das barragens próximas à região onde moram e conseqüentemente não sabem do risco de vida que estão passando no momento morando nesses locais. Enquanto isso, mesmo se os moradores fossem cobrar as empreendedoras, apenas 50%

das barragens do país possuem empreendedor identificado, sendo que esse número é ainda menor quando se olha as barragens submetidas a PNSB(23%), deixando os moradores em uma difícil situação já que conforme o RSB, 68% das barragens reportadas possuem DPA alto e 28% possuem CRI alto, o que gera 22% que possuem os dois valores altos, o que é um valor muito alto já que apenas 41% das barragens possuem o valor de DPA, assustando muito ainda na quantidade de barragens no país que ainda não possuem muitas informações catalogadas. Para melhorar o número de barragens registradas, então o número de fiscalizadores esse ano aumentou em relação ao ano anterior, sendo que 46% deles trabalharam exclusivamente com o tema, o que é uma boa coisa, mas mesmo com um número maior de fiscalizadores, o número de horas de capacitação desse ano foi 40% menor em comparação ao ano anterior. Já em relação às barragens que mais preocupam, ainda existem 187, aumento de 54% em relação ao ano passado, sendo que 35% delas se encontra no estado de Minas Gerais, com o maior número delas pertencendo à empresa Vale, mesma empresa das barragens de Mariana e Brumadinho, mostrando algo muito preocupante com relação às barragens dessa empresa já que 49% das barragens preocupantes possuem DPA e CRI altos e 48% possuem estado de conservação ruim. Contudo, os valores orçamentais para segurança de barragens foram os maiores de todos os tempos, focando na reabilitação de barragens e recuperação de reservatórios do rio São Francisco. Portanto, pode-se ver uma melhora a cada ano em relação às barragens, mas ainda sim continua uma melhora lenta, portanto se deve primeiramente focar em fiscalizar todas as barragens registradas enquanto também melhorar as situações das barragens com grande risco, cobrando assim das empresas privadas donas das barragens as melhorias necessárias para poder operar sem risco a vida dos moradores da região.

Banco de Dados Geográficos

1. Construção do BDG

A construção do BDG se deu através da coleta de dados de diversas fontes, as principais fontes usadas para este trabalho foram o IBGE, ANA, SIGMINE, SISEMA, o banco de dados minasgerais do GeoSQL e o portal Dados.gov

Diversos dados foram integrados do banco minasgerais do GeoSQL, que terão uso para uma das análises e visualizações pretendidas nesse trabalho, com o enfoque nas barragens de alto risco e impacto situados especialmente no estado de minas gerais.

Foi buscado também dados sobre o curso d'água no Brasil, porém o dado encontrado era superficial para o estado de Minas Gerais, porém os dados sobre curso d'água de MG provindos do banco minasgerais serão utilizados.

2. Ampliação do BDG

Para ampliação do BDG foram buscados dados no portal do IBGE. Os principais dados extraídos que foram incorporados são:

Bases cartográficas contínuas, que nada mais é, o conjunto de dados geoespaciais de referência, estruturados em bases de dados digitais, permitindo uma visão integrada do território nacional.

Fontes De Dados

As fontes de dados usados no trabalho são:

Barragem, barragem_resumo, recursos_estaduais — <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2021>

barragem_2020 — <https://www.snirh.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2020>

barragem_2019 — <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2019>

barragem_2018 — <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/anteriores/2018>

barragem_2017 — <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2017>

barragem_2016 — <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/anteriores/rsb-2016>

barragem_2015 — <https://www.snisb.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2015-1>

processos_minerarios_ativos, area_protecao_especial_mg,
bacia_hidrografica_mg, aer_pista_ponto_pouso, barragem_rejeito,
comarca_tjmg, curso_dagua_mg, ddd_munic, distrito_mg, ferrovia_br,
limite_mg_2017, macrorregiao_mg, massa_dagua, mesorregiao_mg,
microrregiao_mg,
municipio_mg, pista_pouso_mg, reg_geo_imediata_mg, reg_geo_intermediaria
_mg, rodovia_br, saude_macro_mg, saude_mun_mg, saude_polo_mg, sede_m
unbrasil, set_censo_2010_mg —

https://www.dropbox.com/s/9djqlsvt1trvj9/geosql_minasgerais.sql.zip?dl=0

alteracao_fisiografica_antropica_linha,
alteracao_fisiografica_antropica_poligno,
area_densamente_edificada, area_politico_administrativa, barragem_linha, c

apitais_brasil, curso_dagua, eclusa,
 elemento_fisiografico_natural, est_grad_energia_eletrica, estado,
 estrutura_transporte, extracao_mineral_poligno, extracao_mineral_ponto, foz_
 maritima, hidrelétrica, ilha, munbrasilpib, paises_america_do_sul,
 passagem_elevada_viaduto, pico, ponte, ponto_cotado_altimetrico,
 ponto_hipsometrico, posic_geo_localidade,
 subest_transm_distrib_energia_eletrica, termelétrica,
 terreno_sujeito_inundacao, trecho_drenagem, trecho_energia,
 trecho_hidroviario, túnel, unidade_federacao, via_deslocamento —
<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=acesso-ao-produto>
 clima_do_brasil — https://dados.gov.br/dataset/cren_climadobrasil_5000
 curso_dagua —
https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/cea0d0f0d4fd43eebac9ca6cfbace485_0/explore?location=-13.154903%2C-54.391800%2C5.07
 localidade_ibge — <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/27385-localidades.html?=&t=downloads>
 regioes_geograficas_2017 — <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html?=&t=downloads>
 relevo — <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15827-unidades-de-relevo.html?=&t=downloads>
 terra_indigena — https://dados.gov.br/dataset/ccar_bc250_terra_indigena_a
 vegetação — https://dados.gov.br/dataset/cren_vegetacao_5000

Metadados

Para os metadados ira se fazer a criação deles para os que não existem online, portanto serão criados metadados apenas para as tabelas provenientes das barragens. Visto que as outras fontes fornecem os metadados e serão colocados link de redirecionamento para o recurso.

Os metadados podem ser reutilizados, pois foram realizadas apenas uma alteração nos dados que já foi citada anteriormente, mas ela é a conversão do SRID de SIRGAS2000 para WSG84.

Barragem, barragem_resumo, barragem_2020, barragem_2019, barragem_2018, barragem_2017, barragem_2016, barragem_2015 — Devido ao tamanho das tabelas de metadados estão no arquivo de planilha denominado Metadadodos.xlsx

processos_minerarios_ativos, area_protecao_especial_mg, bacia_hidrografica_mg, aer_pista_ponto_pouso, barragem_rejeito, comarca_tjmg, curso_dagua_mg, ddd_munic, distrito_mg, estado, ferrovia_br, limite_mg_2017, macrorregiao_mg, massa_dagua, mesorregiao_mg, microrregiao_mg, municipio_mg, pista_pouso_mg, reg_geo_imediata_mg, reg_geo_intermediaria_mg, rodovia_br, saude_macro_mg, saude_mun_mg, saude_polo_mg, sede_munbrasil, set_censo_2010_mg – Dados provindos do GeoSQL (banco minasgerais)

alteracao_fisiografica_antropica_linha, alteracao_fisiografica_antropica_poligno –

https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/4873f714-d8c0-4818-b3f3-555eba0d724e

area_densamente_edificada –
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/a05f3f2d-881c-4a9d-b95e-d925730e7219

area_politico_administrativa	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/2361bb7c-621f-4853-9a98-8857371e3bca	
barragem_linha	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/b8b30b49-20bc-4e3e-99c1-9caa8bf83191	
capitais_brasil	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/bab8dd35-3100-4984-ab73-c578abb3f938	
eclusa	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/a92b1a44-b4a0-413b-909f-bf12e9d4b5cc	
elemento_fisiografico_natural	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/1fa848ca-9fbb-461d-94ce-1d34837f181a	
est_gerad_energia_eletrica	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/c47f5200-993f-4260-bff4-077110d89119	
estrutura_transporte	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/dc956181-7c1f-4c1f-ad20-07c33d173b10	
extracao_mineral_poligno, extracao_mineral_ponto	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/222afe1a-0d6f-4622-b52f-d53f18782a94	
foz_maritima	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/3407f920-86a1-447e-bd6b-766ff12e4a9b	
hidrelétrica	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/6802fb6c-9e3f-4943-a74a-a89b7f743790	

ilha	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/88397452-1af4-47bd-85cf-fca0e0d6550d	
munbrasilpib	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/933b0df8-3a49-4559-bc3f-e21132506bbf	
paises_america_do_sul	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/9377677f-97fa-4763-ab4a-40dc4f6d4a7d	
passagem_elevada_viaduto	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/e4886e0c-6b86-4c81-8593-4605e271dd6a	
pico	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/011c4bba-d9ad-47da-a84f-4507c95fe9f8	
ponte	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/e4886e0c-6b86-4c81-8593-4605e271dd6a	
ponto_cotado_altimetrico	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/d2031e4d-dc46-4478-8c6b-625a4a4c2e8f	
ponto_hipsometrico	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/1fa848ca-9fbb-461d-94ce-1d34837f181a	
posic_geo_localidade	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/9377677f-97fa-4763-ab4a-40dc4f6d4a7d	
subest_transm_distrib_energia_eletrica	—
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/c47f5200-993f-4260-bff4-077110d89119	

termelétrica	–
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/47723ad8-1f8c-41fe-9e2b-04dbe78ac46d	
terreno_sujeito_inundacao	–
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/b712ddcf-71c2-45df-8ba7-275bfcf93f72	
trecho_drenagem	–
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/ebf347d6-d51a-44bb-8faa-a4ae99b47a5b	
trecho_energia	–
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/7672ffc6-9b8b-41e1-aea0-7bd929e965e1	
trecho_hidroviario	–
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/7e8939b8-7dbd-491d-87d6-28bbbd3ad0e6	
túnel	–
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/a4004445-8dd6-429a-a05f-e09f135dfb18	
unidade_federacao	–
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/9a4294ef-1021-4891-807a-9a8612498055	
via_deslocamento	–
https://metadadosgeo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/catalog.search#/metadata/43460a58-a99a-4109-a6ce-2b7e6d49e241	
clima_do_brasil	– https://dados.gov.br/dataset/cren_climadobrasil_5000
curso_dagua	–
https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/cea0d0f0d4fd43eebac9ca6cfbace485_0/about	
localidade_ibge	– https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/27385-localidades.html?=&t=downloads

regioes_geograficas_2017 – <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html?=&t=downloads>

relevo – <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15827-unidades-de-relevo.html?=&t=downloads>

terra_indigena – https://dados.gov.br/dataset/ccar_bc250_terra_indigena_a

vegetação – https://dados.gov.br/dataset/cren_vegetacao_5000

Produção de visualizações

Nesta parte do trabalho iremos produzir algumas visualizações sobre alguns temas dos quais se acredita que sejam relevantes e possua-se dados para podermos chegar a alguma conclusão sobre eles.

Para cada um dos assuntos que serão abordados, sera usada a estrutura abaixo

Tema

- a. Propósito da visualização
- b. Processo de produção (software, recursos, opções relevantes)
- c. Conclusões

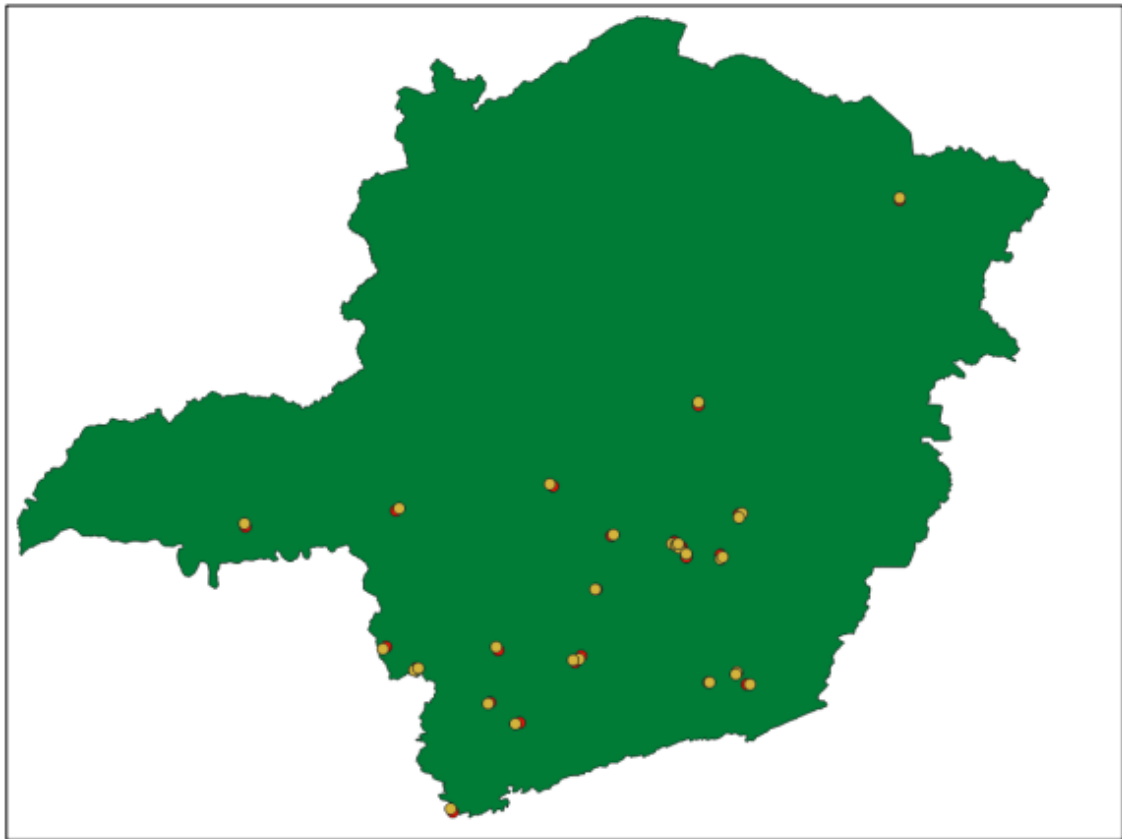
I. Cidades próximas a barragens

a) Propósito da visualização

Nesta visualização pretende-se encontrar e localizar as barragens que estão próximas a cidades e tem o risco e dano potencial alto

b) Processo de produção (software, recursos, opções relevantes)

Localização das cidades (sede_munic) em relação às barragens de alto risco associado, foi escolhido as cidades e barragens que estão muito próximas (menos que 5km uma das outras) utilizando a função ST_Distance.



Cidades próximas a barragens de alto risco

c) Conclusões

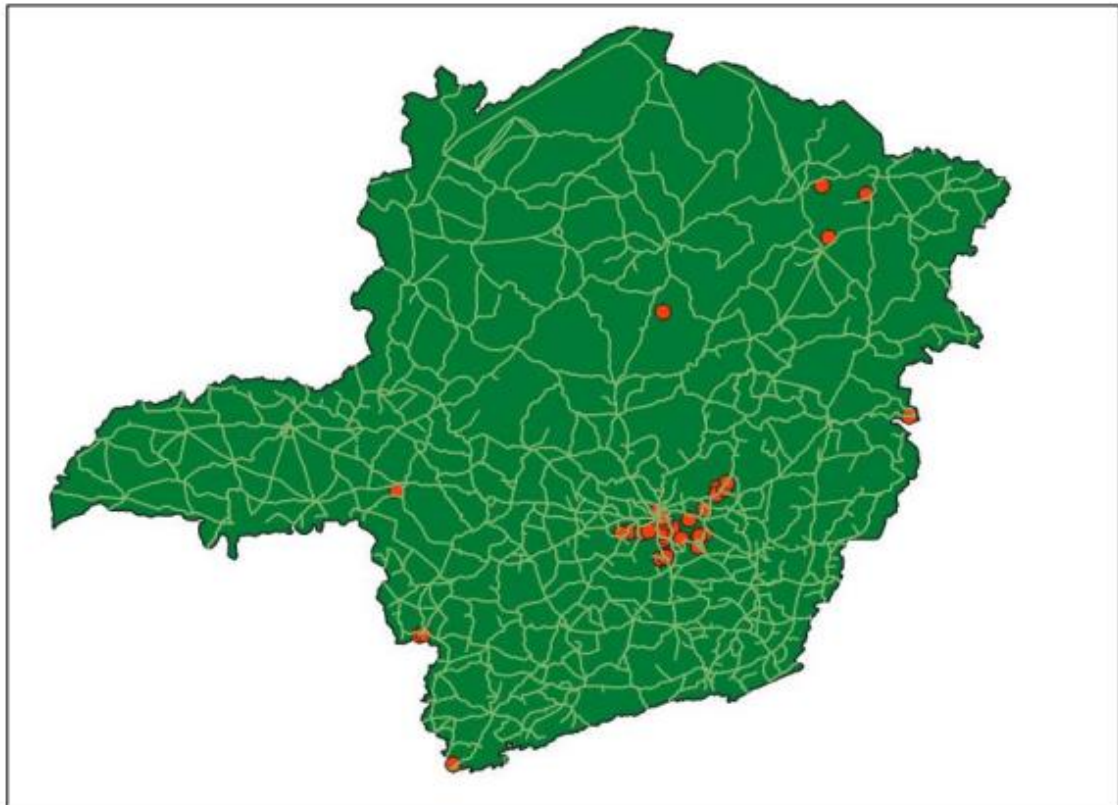
O objetivo da criação dessa visualização é determinar possíveis impactos que podem vir a ocorrer na população dessas cidades, já que elas vivem em uma região de relativo risco, e possivelmente organizar planos de evacuação caso ocorra alguma emergência próxima a elas.

II. Barragens de alto risco próximas a estradas

a) Propósito da visualização

A outra visualização escolhida foi relacionada a proximidade de barragens de alto risco e de alto dano potencial associado próximas a rodovias do estado.

b) Processo de produção (software, recursos, opções relevantes)



Barragens de alto risco e de alto dano potencial próximas a rodovias.

c) Conclusões

Dessa forma, pode-se visualizar possíveis danos a infraestruturas do estado, associadas a essas categorias de barragens, ou seja, pontos críticos para reforço da infraestrutura

III. Possíveis impactos causados por um possível rompimento de uma barragem

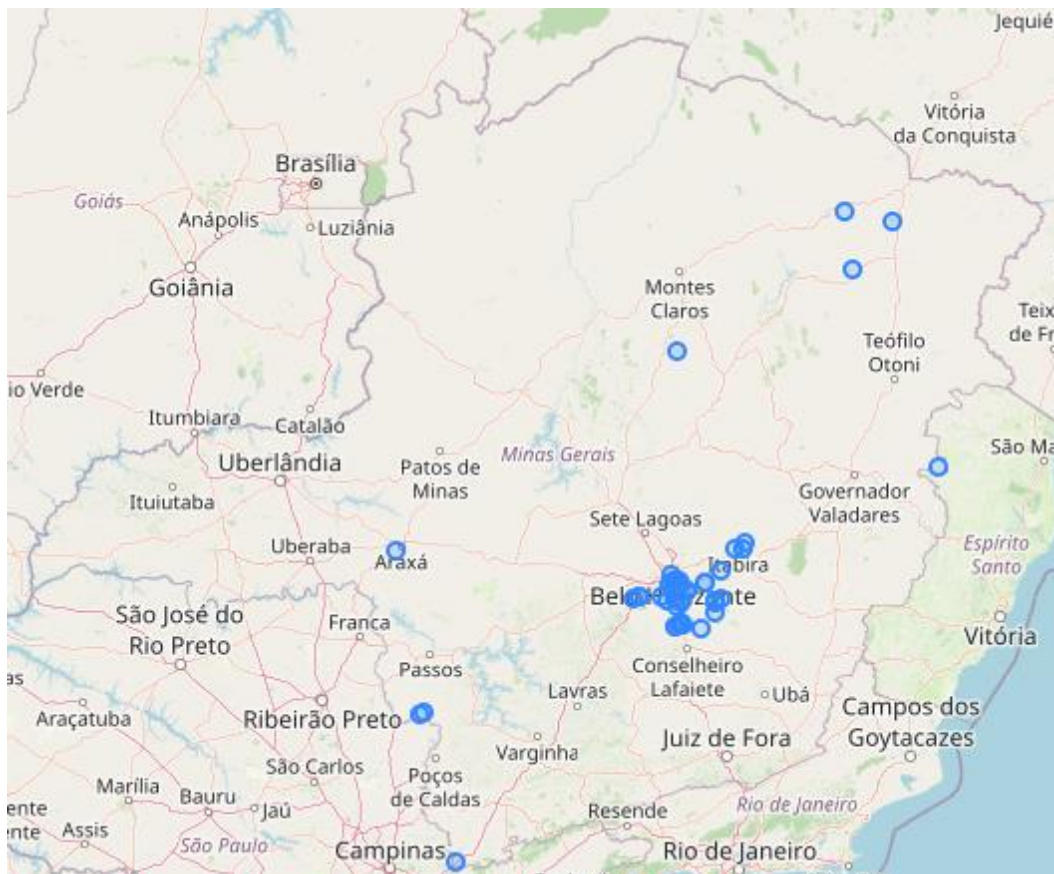
a) Propósito da visualização

Aqui cogitamos encontrar e documentar quais os possíveis danos que poderiam ocorrer em caso de alguma barragem romper.

Dado que estamos no estado de Minas Gerais que foi palco dos dois principais rompimentos de barragens, realizaremos esta análise com alguma barragem situada no estado.

b) Processo de produção (software, recursos, opções relevantes)

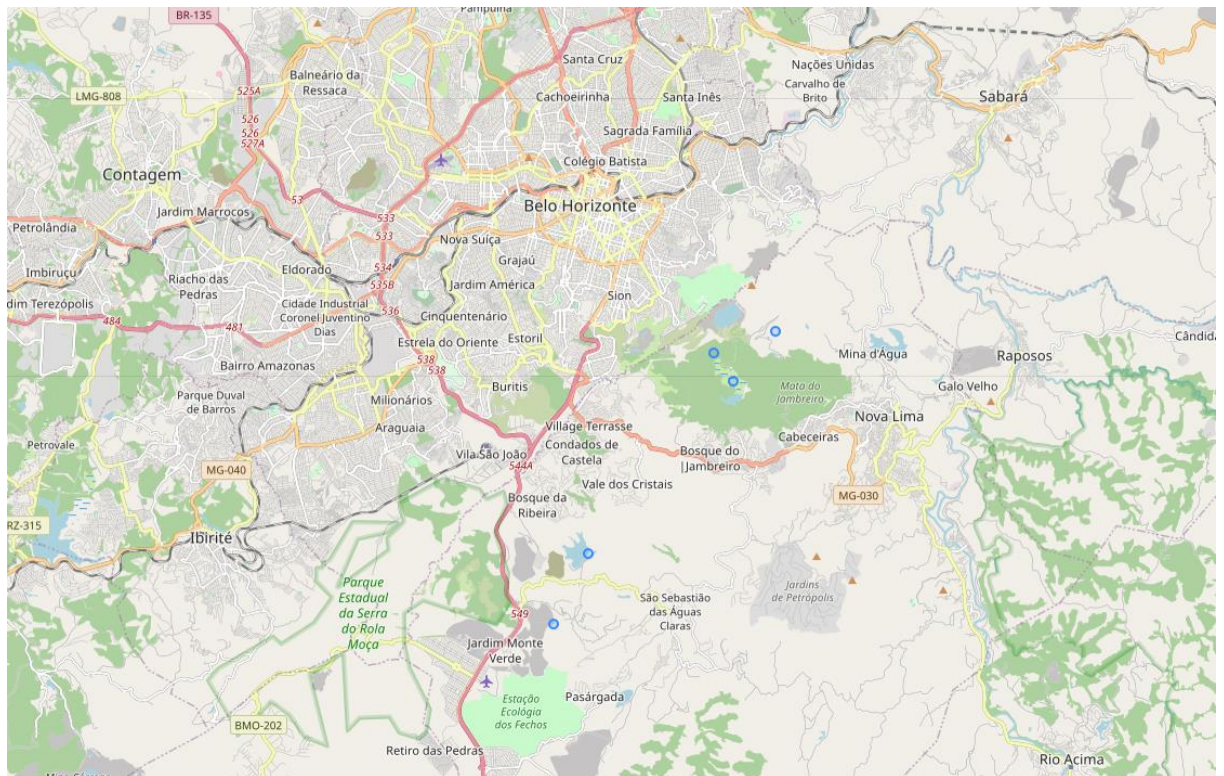
Através de consultas nas tabelas de barragens de 2021 encontramos 49 possíveis candidatas, o critério de escolha foi estar no estado e possuir tanto a categoria de risco (cat_risco) e o dano potencial associado (dano_potencial_assoc) classificados como altos. Após esta consulta chegamos a um número de 49 barragens, porém gostaríamos de reduzir este número ainda mais, portanto filtramos apenas as barragens são de rejeitos minério, o que removeu 12 barragens chegando a 37 no total.



Captura de tela do PostGis mostrando as 49 barragens de Minas Gerais.

Como ainda possuíamos um número alto de barragens, foi decidido que reduziríamos ainda mais a área em que estas barragens estariam, após análises visuais no mapa notamos haver uma grande concentração delas

situadas na região metropolitana e na cidade de Belo Horizonte, e neste instante em que foi adepto que iríamos realizar esta análise para essas barragens, visto que o rompimento de qualquer uma delas impactaria diretamente a nos, visto que residimos em Belo Horizonte, com isso geramos um buffer de 5 km envolvendo a cidade de BH, com isso encontramos 5 barragens que podemos realizar esta análise.



Vista mais próxima das barragens num raio de 5 km de Belo Horizonte.

Como se observa no mapa temos que todas as barragens estão contidas no município de Nova Lima. Pelo mapa vemos também que existem 3 que podemos considerar mais críticas, são as que estão localizadas na serra do curral. Dessa forma identificamos quais são as barragens que realizaremos o estudo. Dessa forma coletamos pegamos os dados que estão presentes na tabela sobre essas barragens. Nisso foi identificado alguns pontos que merecem ser destacados.

- Todas as barragens são da VALE
- Apenas 1 delas possui o número de autorização, é regida pelo PAE, possui revisão periódica que aconteceu pela última vez 16/12/2019, mas isso se deve ao fato de ela se a única das 3 que está ativa.

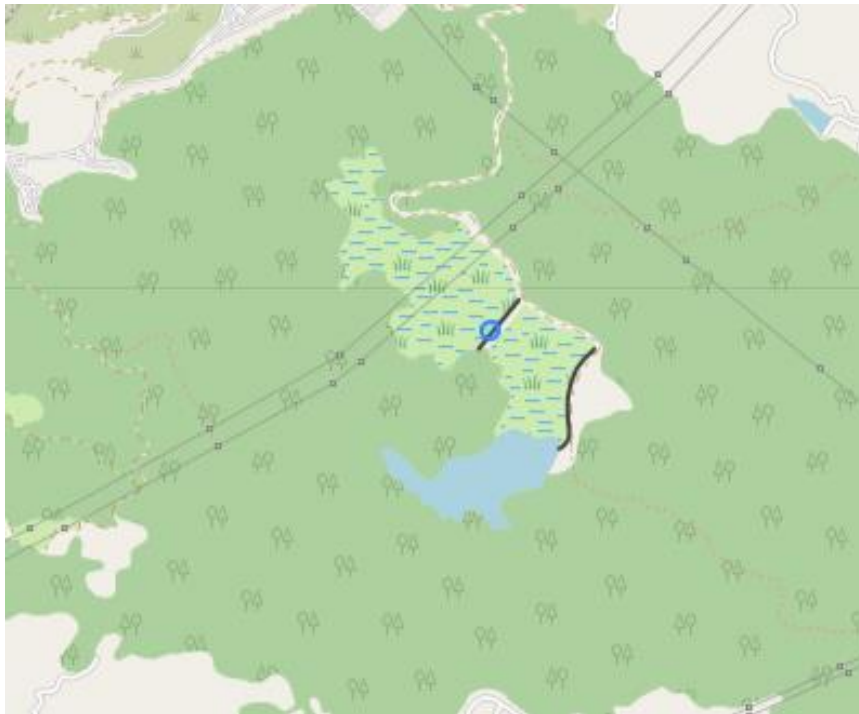


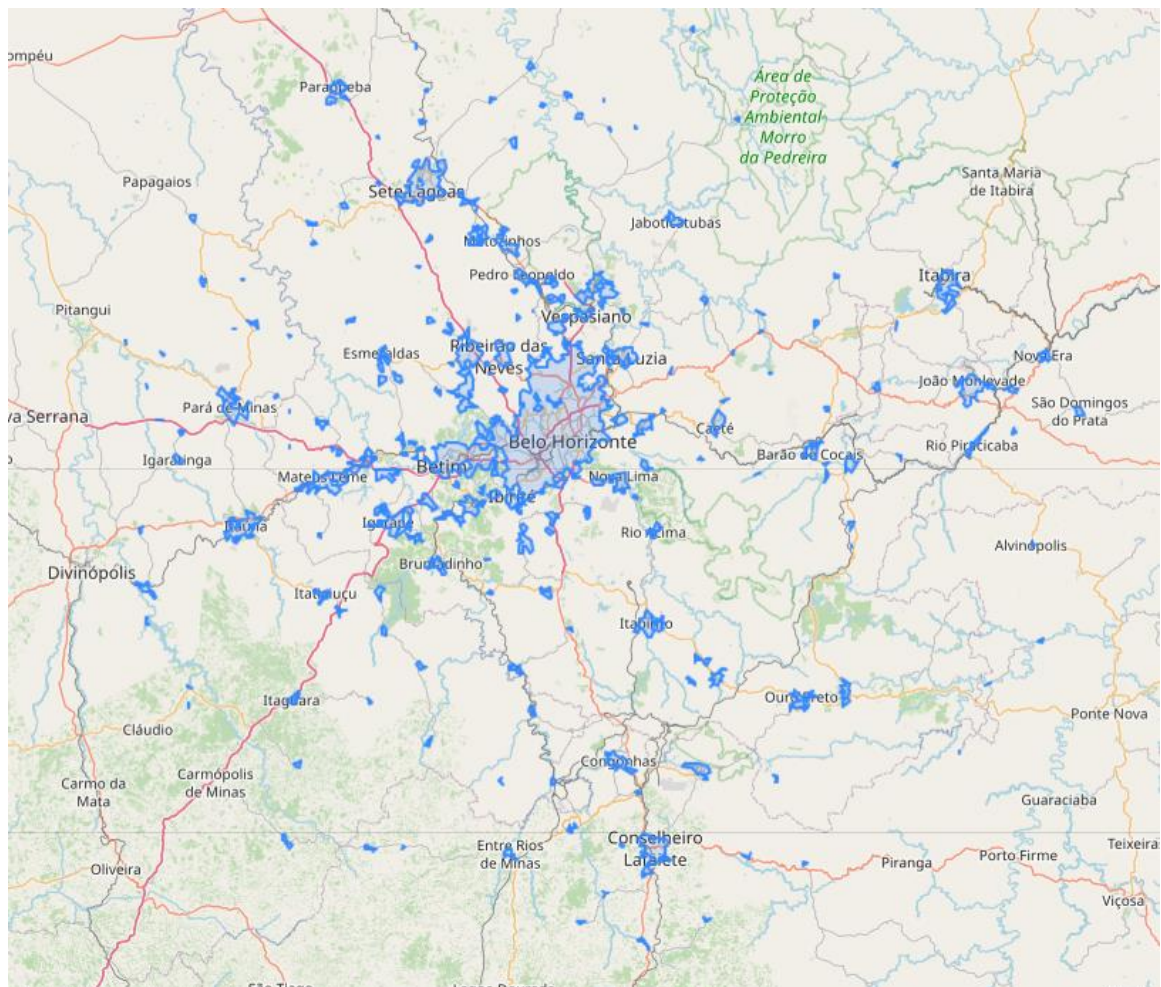
Imagem representativa da barragem 5 (MAC) a que trabalharemos neste TP

A partir de agora realizaremos as projeções do que pode ser impactado caso essa barragem venha a se romper.

Instintivamente foi analisado o conteúdo da barragem 5 (MAC), sendo constatado que o tipo de material armazenado nela é Terra e ela está situada na região hidrográfica do Rio São Francisco.

Logo após foi procurado pelo possível impacto que teria a barragem “7a” que se situa logo a frente dela, e constatou-se que é uma barragem menor que teria um impacto pouco potencializador na destruição, dado que ela possui 0,2 hm³ de capacidade.

Primeiramente como se trata de uma barragem localizada inteiramente na cidade e numa das regiões importantes, a Centro-Sul, iniciamos o processo de gerar os dados para se pode encontrar o tamanho da área edificada que está próxima dela, para isto usamos os dados da tabela *area_densamente_edificada* e filtramos para ser gerado somente o polígono que está em um buffer de 100 km, este número foi definido otimistamente visto que o rompimento da barragem de Brumadinho gerou um desastre de mais de 300 km e a de Marina o dobro desse valor. Nisso chegamos as seguintes áreas:

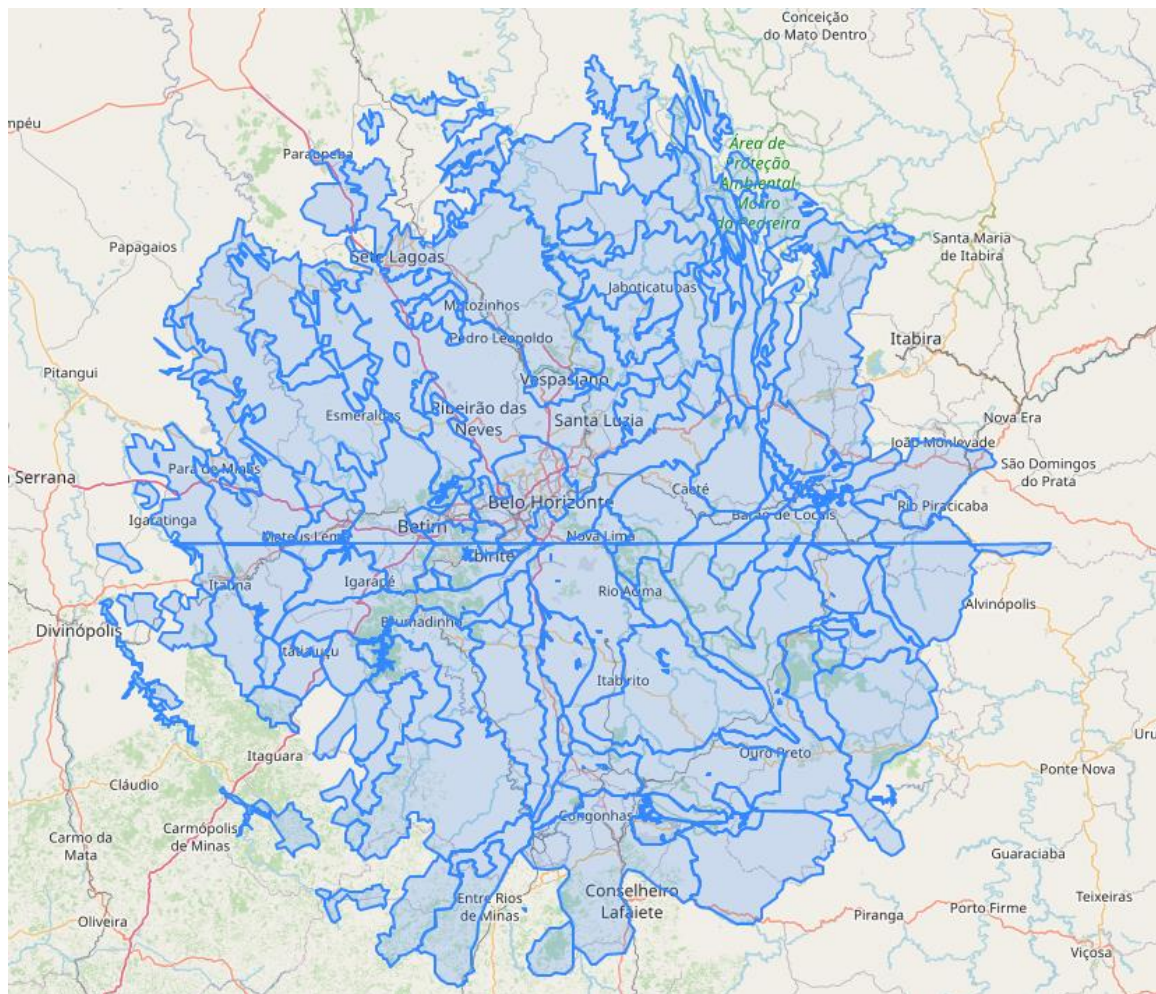


Áreas altamente edificadas em um raio de 100 km da barragem.

Da mesma forma que queríamos identificar as cidades em um raio de 100 km da barragem que poderiam ser afetadas, fizemos a mesma análise, só que para sabermos o relevo deste buffer. Porém, nestes dados encontramos um que é de extrema relevância para análise o de que o relevo do local onde a barragem está instalada é de serra, com este dado temos um rumo a toma. Seguiremos com as projeções contando que os rejeitos irão atravessar a Serra e escoar rumo ao centro de BH, ou ele não irá e escoará em direção a Nova Lima. Para fins de interesse num potencial dano maior que seria causado consideraremos que os rejeitos em sua maioria atravessam a Serra e seguirão em direção ao centro da cidade.

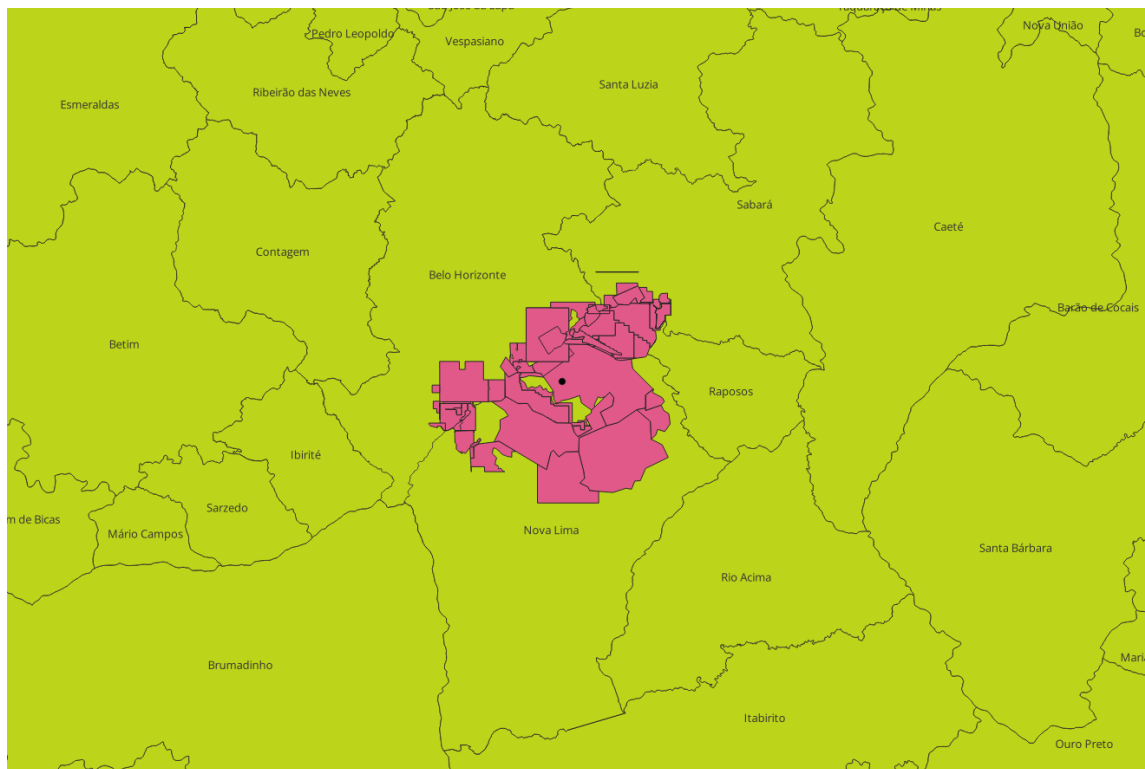
Com essa decisão tomada pudermos ver que o relevo que ele irá encontrar é favorável para a destruição, já que o centro se localiza numa região mais baixa em altitude da cidade, portanto os rejeitos irão encontrar descidas levemente íngremes e uma alta quantidade de pessoas, visto que análise de dados que

não cabem neste TP e vivência por morar próximo a essa região, me levam a concluir que há uma alta concentração de pessoas no caminho de encontro até o centro.



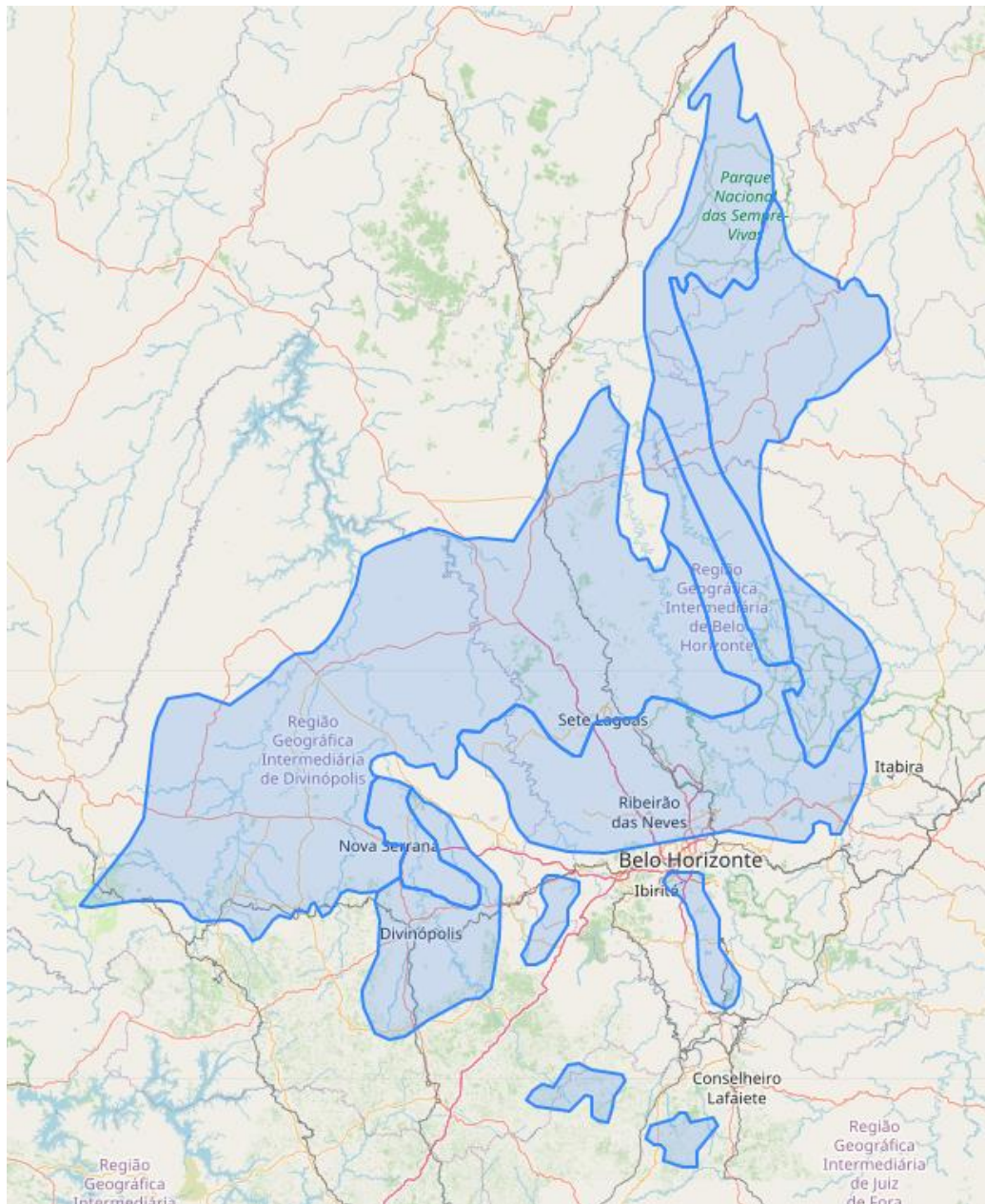
Resultados obtidos pela consulta sobre o tipo de relevo neste buffer

Também gostaríamos de encontrar os locais onde há processos minerários ativos, no entanto, o visualizador do PostGis não pode renderizar a geometria dada que ela está codificada em 3D, apresentando o erro de não ser suportada. No entanto, conseguimos renderiza-lo no QGIS que dado a falta de configuração não possui um mapa por baixo, porém é possível ver a camada e por inferência entender a localização dela.



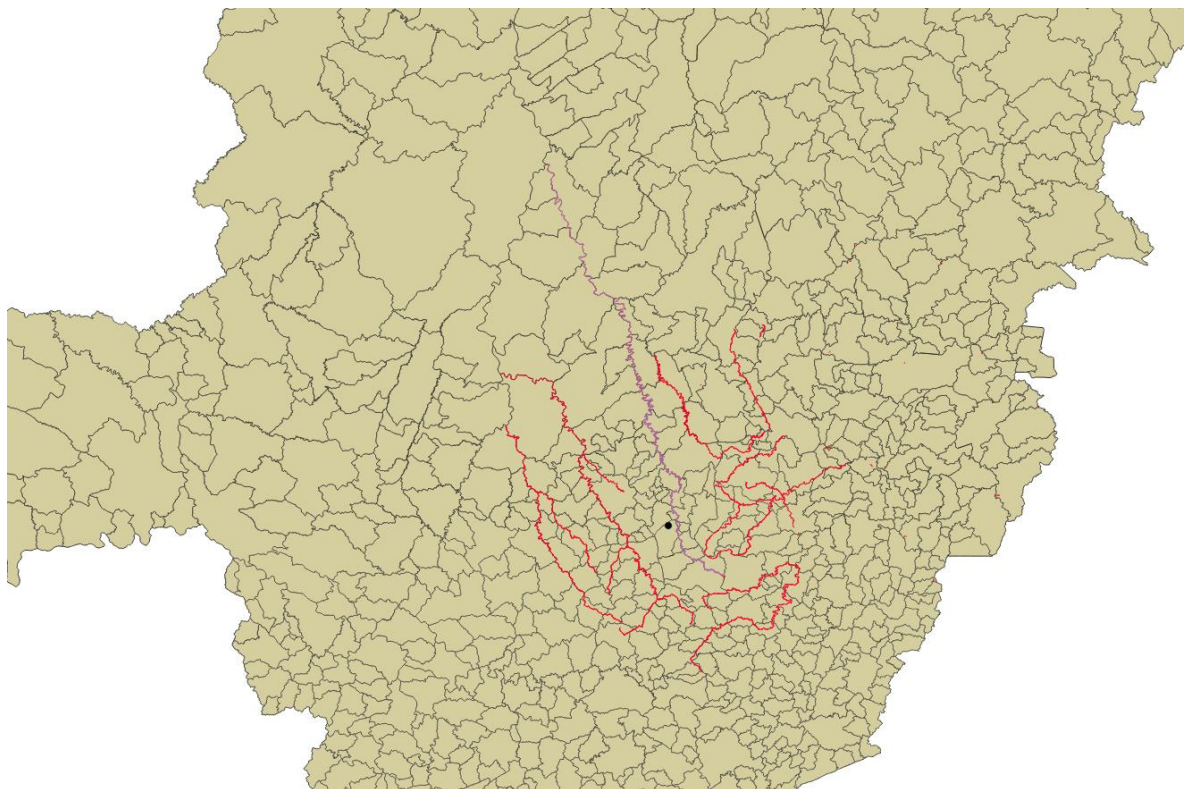
Locais onde há processos minerais ativos próximos à barragem analisada.

Outro dado interessante ser analisado é o de vegetação, que a mais afetada por este possível rompimento seria a Savana/Floresta Estacional



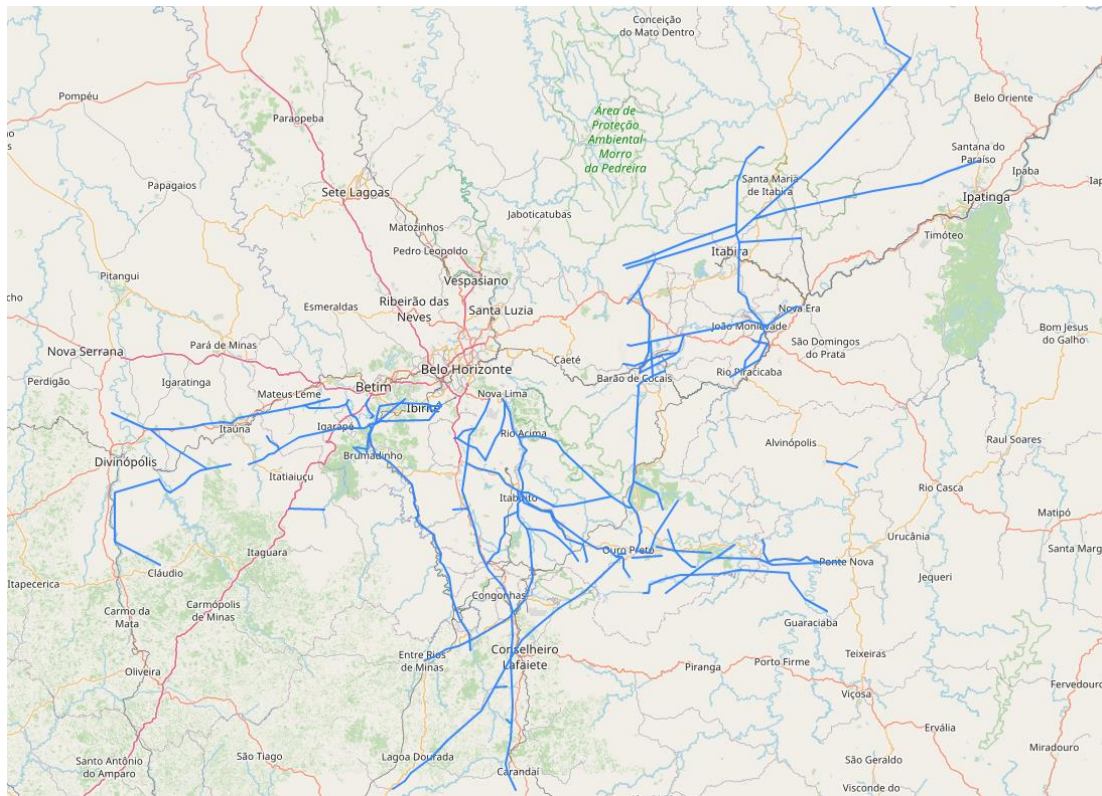
Vegetações que poderiam ser afetadas.

Também foi analisado sobre quais rios esse possível rompimento teria efeito. O resultado foi preocupante, pois tanto o Rio das Velhas teria suas águas contaminadas, este dado é preocupante: eles são uma da principal fonte de abastecimento de água não somente de BH e região metropolitana, mas de todo o estado na totalidade.



Possíveis rios afetados. De cor destacada este o Rio das Velhas.

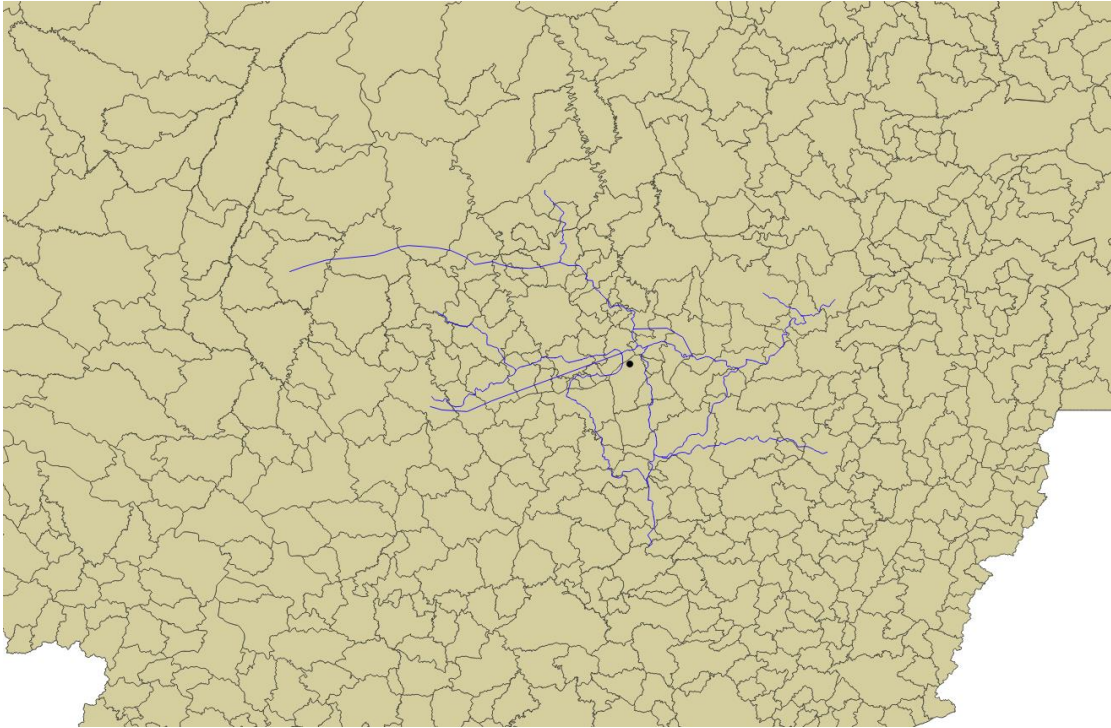
Pensando no abastecimento de água, analisaremos também os possíveis impactos causados para a energia. Inicialmente veremos quais trechos de energia seria possivelmente danificado. Dados da tabela trecho_energia.



Trechos de energia no possível raio de destruição.

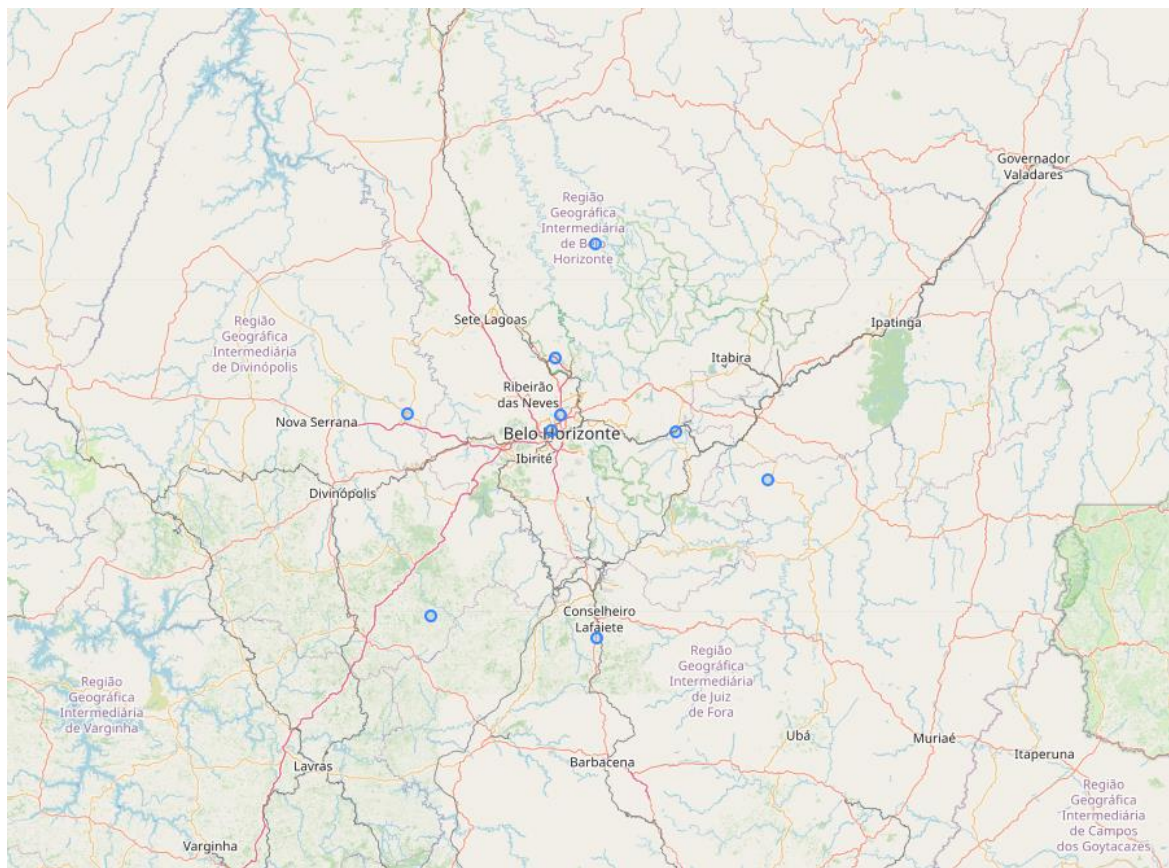
Para podermos chegar a conclusões só nos resta analisarmos mais alguns pontos, estes que serão referentes ao acesso à cidade, ou seja, proponho analisarmos o que poderá ser prejudicado em caso de rompimento e quais as consequências trazidas por ele.

As ferrovias que seriam afetadas 100 km e raio de 100 km estão representados na imagem abaixo. Os dados foram obtidos do GeoSQL.



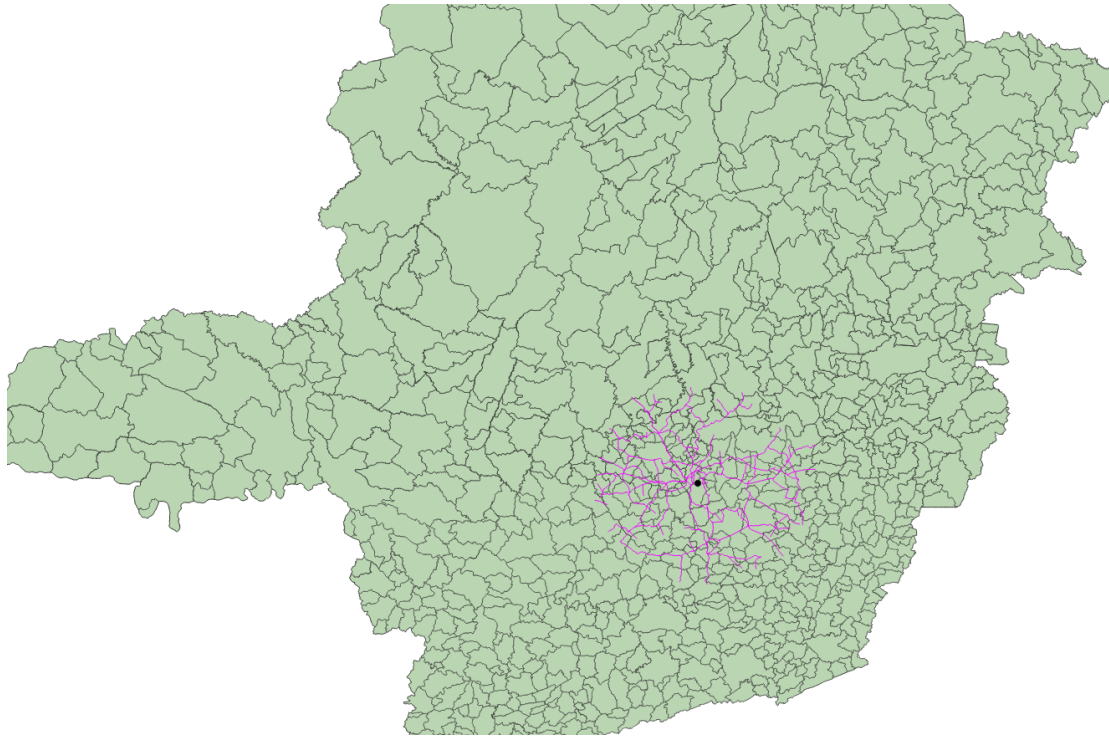
Possíveis ferrovias afetadas

As pistas de pouso afetadas numas áreas de 100 km. Os dados estão na tabela `pistas_de_pouso_mg` importada do GeoSQL banco minasgerais



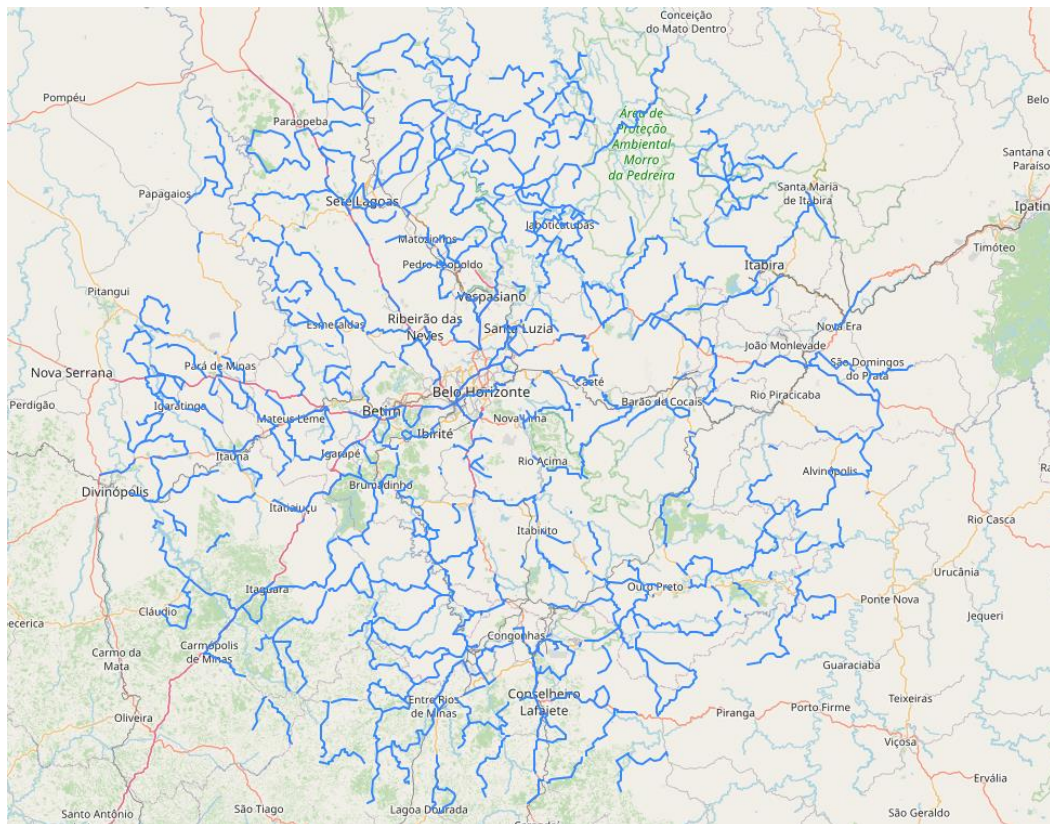
Pistas de pouso afetadas

Por fim, como o estado de Minas Gerais não possui mar olharemos as rodovias, através da tabela rodovias_br



Rodovias afetadas

Outra maneira de ver este dado seria pela tabela vias de deslocamento



Vias de deslocamento num raio de 100 km.

c) Conclusões

Após realizar todas essas análises e compreender os possíveis danos que esta barragem poderia causar para a sociedade podemos listá-los. Mas antes acho cabível dar uma breve explicação de que todas as análises e “predições” realizadas neste TP são totalmente enviesadas nos dados que foram obtidos na internet e não devem condizer com a realidade em caso de tal desastre vier acontecer, todas as especulações realizadas tiveram como base um raio de 100 km da barragem, este número foi utilizado como uma minimização do dano causado pelos outros dois rompimentos das barragens de rejeitos de minérios que ocorreram sob comando da Vale, o intuito foi de tentar encontrar alguma forma não técnica e descolada com a realidade, pois, muitos dos dados usados para que essas análises sejam feitas estão sob sigilo com a VALE e são técnicos demais para a premissa deste trabalho. Outro fator que pesou para a decisão da escolha desta análise é o de que outro desastre desse não pode ocorrer novamente e se ocorrer nesta barragem analisada tende a ser inúmeras vezes mais mortal que os anteriores, devido ao fato desta barragem está extremamente próxima de bairros populosos, os bairros mais afetados seria o Comiteco, Mangabeiras, Sion, Serra, Cruzeiro e dentre outros da região nobre Centro-Sul. Agora voltando as inferências que podem ser extraídas ao final de analisar estes pontos.

Primeira o impacto financeiro seria enorme devido a próximo haver o mirante e parque dos Mangabeiras que são duas atrações turísticas famosas pela cidade, além do desalojamento de diversos moradores dos bairros citados acima.

Outro grande impacto seria na biodiversidade e fauna, como citado, o parque dos Mangabeiras fica numa das possíveis rotas de escoamento dos minérios e nele são concentradas diversas espécies que contribuem decisivamente para o meio ambiente e para a área verde da cidade.

O acesso aos locais mais afetados seria extremamente difícil, pois está localizado numa das partes mais altas da cidade, o raio de destruição engloba diversas das principais vias da cidade.

Devido um pouco a limitação dos dados não foi possível realizar a contagem da população residente destes bairros, mas segundo dados da PBH há cerca de 283.776, no entanto, o impacto não deva chegar a mais de 50% deste valor.

A energia e água da região metropolitana seria afetada, com o agravante de que a alguns quilômetros da barragem no bairro Belvedere há uma estação de tratamento de água da COPASA.

Para que se pudesse tirar conclusões mais concisas seria necessário que os dados estivessem estruturados de uma concisa e detalhada, além de ter de haver uma equipe maior e qualificada, além de dados técnicos da barragem, pois os dados encontrados são extremamente superficiais para esta análise que pretendia ser feita. Há uma possibilidade grande de que os dados necessários para esta proposta não estejam disponíveis para acesso ao público e estejam restritos a VALE e empresas contratadas para realizar estes relatórios, um destes dados que talvez teria utilidade para esta análise seria o plano de segurança e os dados específicos da construção e manutenção da barragem. Um mapeamento detalhado das residências da região também seria de alto valor, este último pode ser que esteja disponível pela PBH, porém devido aos prazos para a entrega e realização deste trabalho a obtenção e tratamento deles não foi possível de ser realizada. Portanto, seria um dos pontos de início para poder aumentar a legitimação das inferências chegadas utilizando dos dados que tive acesso.

Para poder finalizar digo que o rompimento desta barragem não deva acontecer, pois seu dano ao estado seria potencialmente maior que o rompimento da Barragem de Brumadinho, um dos motivos seria a poluição do rio das Velhas, principal fonte de abastecimento de água da região metropolitana, além dele ser um afluente do rio São Francisco um dos principais do país. Outro ponto é que a região onde está barragem está situada é uma de alta exploração de minérios, que durante anos foi mínima, mas devido a acontecimentos recentes pode ser que seja retomada, o que aumentaria exponencialmente a probabilidade desta barragem romper, dado que a Serra do Curral é um local que já foi extensivamente explorado. Outro agravante sério o de atingir uma região vital da cidade que é a capital do estado e uma das cidades mais importante do país.

No último cabe a dizer que todas as consultas feitas para apresentação dos dados estão disponíveis no arquivo “txt” denominado “consultas_rompimento.txt”