UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

CHRISTOPHER FERRARI THUMS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO CURRICULAR OBRIGATÓRIO: DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CÁLCULOS E CONVERSÕES DE COORDENADAS UTM OU GEODÉSICAS EM LINGUAGEM PYTHON

CHRISTOPHER FERRARI THUMS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO CURRICULAR OBRIGATÓRIO: DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CÁLCULOS E CONVERSÕES DE COORDENADAS UTM OU GEODÉSICAS EM LINGUAGEM PYTHON

Relatório Final de Estágio Curricular Obrigatório apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Orientador: Dr. Rogério Rodrigues de

Vargas

Supervisor: Dr. Cristiano Galafassi

CHRISTOPHER FERRARI THUMS

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CÁLCULOS E CONVERSÕES DE COORDENADAS UTM OU GEODÉSICAS EM LINGUAGEM PYTHON

Relatório Final de Estágio Curricular Obrigatório apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Relatório Final de Estágio apresentado e aprovado em: 01 de Outubro de 2021.

Banca examinadora:	
Prof. Dr. Rogério Rodrigues de Vargas Orientador UNIPAMPA	
Prof. Dr. Cristiano Galafassi Supervisor UNIPAMPA	
Prof. Dr. Fabiane Galafassi Membro da Banca UNIPAMPA	

Período do estágio

Início: 02/08/2021 Término: 13/09/2021 Jornada de trabalho: 30 horas semanais.

Total de horas: 180 horas.

Dados do estagiário

Nome

Christopher Ferrai Thums

Curso

Engenharia Cartográfica e de Agrimensura

Matrícula

161151025

Endereço eletrônico

E-mail: christopherthums.aluno@unipampa.edu.br

Dados do supervisor

Nome

Cristiano Galafassi

Formação acadêmica

Doutor em Informática na Educação

Atuação profissional atual

Docente

Endereço profissional

Avenida Luiz Joaquim de Sá Britto s/n, Promorar (55) 3433-1850.

E-mail: cristianogalafassi@unipampa.edu.br

Dados da empresa/organização

Razão Social

Fundação Universidade Federal do Pampa – Unipampa

CNPJ

09.341.233/0001-22

Representante Legal

José Carlos Severo Corrêa

Endereço

Avenida Luiz Joaquim de Sá Britto s/n, Promorar.

97650-000, Itaqui, RS.

Telefone: (55) 3433-1850, URL da Homepage: www.unipampa.edu.br

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA	7
3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	8
3.1 Atividades com Python	8
3.2 Informações preliminares para conversão de coordenadas	9
3.3 Instalação do programa Python	9
3.4 Solução do problema pip	9
3.5 Desenvolvimento dos cálculos para conversão de coordenado	das
geodésicas para coordenadas UTM	11
3.6 Desenvolvimento dos cálculos para conversão de coordenado	das UTM para
coordenadas geodésicas	18
3.7 Geração de relatório em PDF	26
3.8 Exportação de coordenada para o mapa	27
3.9 Cálculo de distância entre coordenadas	28
4 RESULTADOS	29
5 AVALIAÇÃO DO ESTÁGIO	33
REFERÊNCIAS	35
ANEXOS	37

1 INTRODUÇÃO

O Estágio curricular supervisionado obrigatório, pode ser considerado como o primeiro contato direto do acadêmico com o mercado de trabalho. É nesse momento que o aluno poderá aplicar seus conhecimentos teóricos/práticos adquiridos ao longo da graduação, conhecendo mais ainda o seu futuro na profissão escolhida.

O estágio curricular pode ser dividido em dois tipos: o não-obrigatório e o obrigatório, regido no Brasil pela Lei Federal N° 11.788 de 25 de Setembro de 2008 (BRASIL, 2008).

No curso de Engenharia Cartográfica e Agrimensura, é exigido o estágio obrigatório supervisionado, o qual pertence a parte da carga horária da grade curricular. Ressalta-se que, neste tipo de estágio, não existe qualquer tipo de remuneração ou vínculo empregatício entre as empresas ou instituições que concedem aos alunos a oportunidade de estágio.

Uma pandemia mundial deu início no começo do ano de 2020, mudando muito a rotina de todos, fazendo com que muitas pessoas se adaptassem diante da situação encontrada, entrando em isolamentos, evitando aglomerações, dando início ao *home office*.

Dessa maneira, o estágio curricular supervisionado obrigatório, foi ministrado de forma remota, por meio de atividades propostas junto ao Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem – LabSIM, no qual a própria Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA é a instituição responsável pelo laboratório, juntamente com os professores Dr. Rogério Rodrigues de Vargas e Dr. Cristiano Galafassi, concedendo a oportunidade de estágio.

O enorme avanço da ciência e da tecnologia, aliados à informática, fez com que grande parte da população mundial obtivesse acesso às ferramentas computacionais. Junto a instituições públicas, empresas deste ramo investiram muito no mercado apresentando os benefícios da utilização desse tipo de ferramenta. Através de sistemas computacionais, muitos cálculos passaram a ser automatizados, minimizando erros, podendo em alguns casos, serem extintos. Outro ponto de vista que pode ser relevante na utilização destes recursos é o fácil manuseio e adaptação ao seu uso. Necessita-se, é claro, conhecimentos mínimos e instruções básicas para que seja obtido melhor aproveitamento.

Neste contexto, pode-se incluir a linguagem de programação Python, utilizada em data science, machine learning, desenvolvimento de web, desenvolvimento de aplicativos, automação de scripts. Com a utilização do Python, muitos trabalhos e cálculos manuais passaram a ser automatizados, auxiliando na criação, modificação, análise e otimização de projeto. Expondo ainda mais o leque de vantagens em sua utilização, evidenciando que o usuário aumentará rapidamente a sua produtividade. Esta tecnologia é utilizada em muitas áreas, tendo como destaque os setores de engenharia, arquitetura, indústria, topografia e mecânica.

O objetivo do estágio é desenvolver um sistema que realize a conversão entre as Coordendas Geodésicas e UTM, determine a distância entre duas Coordenadas e gere um relatório em PDF contendo as Coordenadas, a distância entre elas e sua localização em mapa, utilizando linguagem Python.

Portanto, para demonstrar na prática o que foi idealizado, este documento irá descrever as atividades realizadas durante o período de estágio curricular obrigatório, que faz parte da integralização do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, ofertado pelo LabSIM¹.

2 UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

A Universidade Federal do Pampa foi criada pelo governo federal por meio da Lei N° 11.640 de 11 de Janeiro de 2009 (BRASIL, 2009), para minimizar o processo de estagnação econômica onde está inserida, pois a educação viabiliza o desenvolvimento regional, buscando ser um agente da definitiva incorporação da região ao mapa do desenvolvimento do Rio Grande do Sul.

A UNIPAMPA é uma instituição federal de ensino superior que conta com dez campi, que estão localizados nas cidades de Alegrete, Bagé (sede da Reitoria), Caçapava do Sul, Dom Pedrito, Itaqui, Jaguarão, Santana do Livramento, São Borja, São Gabriel e Uruguaiana (UNIPAMPA, 2016). Faz parte do programa de expansão das universidades federais no Brasil, pertencente a um Acordo de Cooperação Técnica firmado entre o Ministério da Educação, UFSM e a UFPel, a qual previu uma ampliação do Ensino Superior na metade sul do estado do Rio Grande do Sul.

_

¹ Mais informações podem ser encontradas no endereço eletrônico: http://labsim.unipampa.edu.br/

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades propostas foram desenvolvidas no período de 02 de Agosto à 13 de Setembro do ano de 2021, de segunda à sexta-feira, das nove às doze horas e das quatorze às dezessete horas, não ultrapassando a carga horária máxima diária de seis horas conforme a lei, totalizando em 180 horas. Todas as atividades foram desenvolvidas em formato de ensino remoto, com encontros em salas de reuniões aleatórias geradas pelo google meet.

3.1 Atividades com Python

Durante o período de estágio, as atividades desenvolvidas foram, conversores geodésicos com base em dois artigos publicados, na Revista A MIRA - Agrimensura & Cartografia, pelo Professor Me. Leonard Niero da Silveira, primeiro no ano de 2000 (SILVEIRA, 2000) intitulado Cálculos Geodésicos no Excel, Transformação de Coordenadas Geodésicas em Planas, e em 2005 (SILVEIRA, 2005) Cálculos Geodésicos no Excel, Transformação de Coordenadas Planas UTM em Coordenadas Geodésicas.

Cálculo de distância entre duas Coordenadas Geodésicas e também cálculo de distância entre duas Coordenadas UTM, com visualização de suas localizações em mapa e exportação de um relatório em PDF. Vale ressaltar que ambos os cálculos são referenciados ao *datum* SIRGAS2000 e o MC (meridiano central) do fuso UTM corresponde à média entre as longitudes extremas do fuso (SILVEIRA, 2005)

Exemplo:

Tabela 1 – Método de determinação da Longitude para região de estudo.

Entre as longitudes	-41º e -48º	$MC = -45^{\circ}$
Line as longitudes	-48° e -54°	MC = -51°

3.2 Informações preliminares para conversão de coordenadas

A geodésia tem como sistema de coordenadas fundamentais o sistema cartesiano geocêntrico (X, Y, Z) cuja origem é o centro do elipsóide. Estas coordenadas são posteriormente transformadas em coordenadas geodésicas elipsoidais (latitude e longitude). No entanto, para a geração de produtos cartográficos é necessária a transformação destas coordenadas geodésicas elipsoidais em coordenadas planas. Este Relatório tem por finalidade mostrar os procedimentos de transformações de coordenadas geodésicas para o plano de projeção cartográfica no sistema Universal Transverso de Mercator (UTM) e vice e versa desenvolvidos no período do estágio curricular obrigatório.

3.3 Instalação do programa Python

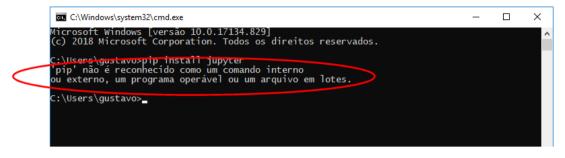
Inicialmente foi instalado no *notebook* de uso pessoal a IDLE Python 3.9 (64-bit), para poder desenvolver os cálculos de conversão. Depois de instalado foi necessário fazer um ajuste do caminho de um arquivo executável, dentro da pasta de onde o programa foi instalado, para permitir o uso das bibliotecas matemáticas.

3.4 Solução do problema pip

Depois de instalado o Python o usuário está apto a criar os primeiros *scripts*, mas a próxima opção foi a utilização de bibliotecas externas. Nesse momento é que se conhece o pip, que é um gerenciador de bibliotecas importante, que por padrão vem instalado com o Python, mas pode acontecer de ficar "nulo", dessa maneira sendo necessário ativá-lo.

Usar o pip para instalar bibliotecas é simples, mas pode acontecer que mesmo com o Python instalado, ele não esteja configurado corretamente. E quando se tenta executar o comando pip no *prompt* de comando aparece o seguinte erro: "pip não é reconhecido como um comando interno ou externo, um programa operável ou um arquivo em lotes" conforme Figura 1.

Figura 1 - Problema do pip



Esse problema pode ter várias causas, mas primeiro é necessário verificar se o pip está instalado. Para isso é preciso navegar até a pasta de instalação do Python no computador e dentro dela acessar a pasta *scripts*.

O acesso a pasta onde o programa foi instalado, deu-se nos seguintes passos:

- Iniciar na barra do menu iniciar:
- Digite Python;
- Clique com o botão direito em cima de Python 3.9 (64-bit);
- Clique em Abrir local do arquivo;
- Aberto a pasta onde o Python está instalado, novamente clique com botão direito em cima de atalho do Python em Abrir local do arquivo;

Onde por padrão o caminho de instalação do programa é em:

C:\Users\Christopher\AppData\Local\Programs\Python\Python39-64\Scripts é necessário copiar esse caminho (ctrl + C)

Porém pode ter caminhos diferentes, tudo dependerá do momento da instalação do Python no computador. Verificado que na pasta de *script*s existe o arquivo executável do pip, próximo passo foi adicionar o caminho (aquele que foi copiado) para o ambiente **PATH** para que o *prompt* de comandos reconheça este comando em qualquer pasta que você o esteja executando.

O passo a passo como adicionar o caminho de uma pasta no PATH é:

- Clicar com o botão direito do mouse no ícone do computador e clicar em propriedades.
- Clique em localizar uma configuração e digite variáveis, nisso irá aparecer
 Editar as variáveis de ambiente do sistema.

- Clique no botão Variáveis de ambiente dentro da aba Avançado.
- Selecione a variável de ambiente PATH na lista de Variáveis do sistema e clique em Editar.
- Clique no botão Novo e adicione o caminho da pasta copiada anteriormente, depois clicar em ok e ok novamente.
- E por fim, fechado o prompt de comando para a aplicação ser efetuada com sucesso.

3.5 Desenvolvimento dos cálculos para conversão de coordenadas geodésicas para coordenadas UTM

Quando iniciado um arquivo IDLE do Python, foi necessário importar as bibliotecas e funções matemáticas nas quais foram necessárias para as conversões das coordenadas.

```
1 from math import exp, expm1, sin, radians, fabs, sqrt, cos,
  tan
2 import numpy as geek
```

Para início dos cálculos, foi necessário organizar todas as fórmulas individualmente, pois no decorrer dos cálculos, uma depende da outra, Com isso foi extremamente necessário manter uma organização.

De primeiro momento, foi necessário informar as referências do sistema geodésico na qual as coordenadas estão atreladas, ou seja, informar os paramentos do elipsóide em que está referenciada. No Brasil, o sistema geodésico oficial é o datum SIRGAS2000, que está associado ao elipsóide GRS80, que tem como parâmetros:

```
      4 a = A5 = 6378137.000
      # semi-eixo maior do elipsóide

      5 b = B5 = 6356752.314
      # semi-eixo menor do elipsóide
```

A partir da relação entre os dois semi-eixos foi determinado as excentricidades do elipsóide que para o elipsóide GRS80 é padrão:

Primeira excentricidade e

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

```
7 e = (sqrt((A5**2)-(B5**2))/A5) #Primeira excentricidade
8 #e = 0,0818191913222
```

Segunda excentricidade e'

$$e' = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{b}$$

```
10 ee = (sqrt((A5**2)-(A5**2))/B5) #Segunda excentricidade
11 #ee = 0,082094438434
```

Grande normal N

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 sen^2 \phi'_A}}$$

É necessário informar o meridiano central do fuso (λ_{MC}) que contém o ponto P1 no sistema de coordenadas, na região de estudo foi aplicado: MC = -51.

```
13 #Longitude do meridiano central do fuso
14 B6 = int(input('\ n Informe o Meridiano Central:'))
```

No início do programa é solicitado a entrada da Latitude e Longitude do Sistema de Coordenadas Geodésicas em graus, minutos e segundos, onde E4 solicita o Grau, F4 solicita o minuto e G4 solicita o segundo da latitude da coordenada, assim como para I4, J4 e K4 na longitude da coordenada.

Exemplo:

```
E4 = -27; F4 = 10; G4 = 16.99938
I4 = -53; J4 = 42; K4 = 45.8454
```

```
16 #Entrada de dados do usuário informando o Grau da Latitude do Ponto

17 E4 = int(input('\n Informe o GRAU da Latitude: '))
```

```
18 F4 = int(input('o MINUTO da Latitude: '))
19 G4 = float(input('o SEGUNDO da Latitude: '))
20 print(f'\n A COORDENADA INFORMADA FOI: {E4}° {F4}\' {G4}"')

22 #Entrada de dados do usuário informando o Grau da Longitude do Ponto
23 I4 = int(input('\n Informe o GRAU da Longitude: '))
24 J4 = int(input(' o MINUTO da Longitude: '))
25 K4 = float(input(' o SEGUNDO da Longitude: '))
26 print (f'\n A COORDENADA INFORMADA FOI: {I4}° {J4}\' {K4}" ')
```

Conversão das coordenadas geodésicas de graus, minutos e segundos em graus decimais

$$\varphi \ decimals = graus + \frac{minutos}{60} + \frac{segundos}{3600}$$

Cálculo das constantes A, B, C, D, E, F

Fórmula da constante A

$$A = 1 + \frac{3}{4}e^{2} + \frac{45}{64}e^{4} + \frac{175}{256}e^{6} + \frac{11025}{16384}e^{8} + \frac{43659}{65536}e^{10}$$

Fórmula da constante B

$$B = \frac{3}{4}e^2 + \frac{15}{16}e^4 + \frac{225}{512}e^6 + \frac{2205}{2048}e^8 + \frac{72765}{65536}e^{10}$$

```
44 B = ((3/4)*((sqrt(A5**2-B5**2)/A5)**2)+
```

```
45 ((15/16) * (sqrt (A5**2-B5**2) /A5) **4) +

46 ((525/512) * ((sqrt (A5**2-B5**2) /A5) **6)) +

47 ((2205/2048) * (sqrt (A5**2-B5**2) /A5) **8) +

48 (72765/65536* (sqrt (A5**2-B5**2) /A5) **10))
```

Fórmula da constante C

$$C = \frac{15}{64}e^4 + \frac{105}{256}e^6 + \frac{2205}{4096}e^8 + \frac{10395}{16384}e^{10}$$

```
50 C = (((15/64)*(sqrt(A5**2-B5**2)/A5)**4)+

((105/256)*(sqrt(A5**2-B5**2)/A5)**6)+

((2205/4096)*(sqrt(A5**2-B5**2)/A5)**8)+

((10395/16384)*(sqrt(A5**2-B5**2)/A5)**10))
```

Fórmula da constante D

$$D = \frac{35}{512}e^6 + \frac{315}{2048}e^8 + \frac{31185}{131072}e^{10}$$

```
55 D = ((35/512)*((sqrt(A5**2-B5**2)/A5)**6)+

56 ((315/2048)*(sqrt(A5**2-B5**2)/A5)**8)+

57 ((31185/131072)*(sqrt(A5**2-B5**2)/A5)**10))
```

Fórmula da constante E

$$E = \frac{315}{16384}e^8 + \frac{3465}{65536}e^{10}$$

```
59 E = ((315/16384)*((sqrt(A5**2-B5**2)/A5)**8)+
((3465/65536)*(sqrt(A5**2-B5**2)/A5)**10))
```

Fórmula da constante F

$$F = \frac{639}{131072} e^{10}$$

$$62 F = ((639/131072) * (sqrt (A5**2-B5**2)/A5) **10)$$

Cálculo de N'

$$\begin{split} N' &= K_0.\,B + K_0. \left[\Delta \lambda''^2 \left(\frac{1}{2} \,N_1.\,\text{sen}\phi.\,\text{cos}\phi.\,\text{sen}^2 1'' \right) \right. \\ &+ \Delta \lambda''^4 \left(\frac{1}{24} \,N_1.\,\text{sen}\phi.\,\text{cos}^3\phi.\,\text{sen}^4 1'' \right). \left(5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4 \right) \\ &+ \Delta \lambda''^6 \left(\frac{1}{720} \,N_1.\,\text{sen}\phi.\,\text{cos}^5\phi.\,\text{sen}^6 1'' \right). \left(61 - 58t^2 + 720\eta^2 + 350t^2\,\eta^2 \right) \right] \end{split}$$

Onde.

Cálculo do coeficiente B

B =
$$\alpha \cdot \varphi - \beta \cdot \text{sen}2\varphi + \gamma \cdot \text{sen}4\varphi - \delta \cdot \text{sen}6\varphi + \epsilon \cdot \text{sen}8\varphi - \xi \cdot \text{sen}10\varphi$$

Cálculo de P.
$$\Delta \lambda'' = (\lambda - \lambda_0).3600$$

$$P = 0.0001 \Delta \lambda''$$

```
64 p = (0.0001*((L4-B6)*3600))*geek.sign((0.0001*((L4-B6)*3600)))
```

Cálculo do coeficiente A'₆

$$\begin{split} \text{A'}_6 = & \left\{ \frac{\text{sen}^6 1\text{"N x sen}\phi\cos^5\phi}{720} \big(61 - 58\text{tg}^2\,\phi + \text{tg}^4\,\phi + 270\text{e'}^2\,\text{x}\cos^2\phi \right. \\ & \left. - 330\text{e'}^2\,\text{x}\,\text{sen}^2\phi \big) \text{K}_0\,\text{x}10^{24} \right\} \end{split}$$

Cálculo do coeficiente B'5

$$B'_{5} = \left\{ \frac{\text{sen}^{5}1"\text{N x cos}^{5}\phi}{120} \left(5 - 18\text{tg}^{2} \ \phi + \text{tg}^{4} \ \phi + 14\text{e}'^{2} \ \text{x cos}^{2} \ \phi \right. \\ \left. - 58\text{e}'^{2} \ \text{x sen}^{2} \ \phi \right) K_{0} \ \text{x} 10^{20} \right\}$$

```
81 V13 = (A5/(sqrt(1-((A5**2-B5**2)/A5**2)*
    (sin(radians(H4)))**2)))
82 V14 = (cos(radians(H4*geek.sign(H4))))
83 V15 = (tan(radians(H4*geek.sign(H4))))
84 V16 = (tan(radians(H4*geek.sign(H4))))
85 V17 = ((sqrt(A5**2-B5**2))/B5)
```

Cálculo do coeficiente S

$$S = a(1 - e^{2})(A\frac{\phi \times \pi}{180^{\circ}} - \frac{1}{2}B. sen2\phi + \frac{1}{4}C. sen4\phi - \frac{1}{6}D. sen 6\phi + \frac{1}{8}E. sen8\phi - \frac{1}{10}F. sen10\phi$$

```
93 W12 = ((A5*(1-((A5**2-B5**2)/A5**2))))
94 W13 = (A*(H4*geek.sign(H4)*(radians(180))/180))
95 W14 = ((B*sin(radians(2*H4)*geek.sign(H4)))/2)
96 W15 = ((C*sin(radians(4*H4)*geek.sign(H4)))/4)
97 W16 = ((D*sin(radians(6*H4)*geek.sign(H4)))/6)
98 W17 = ((E*sin(radians(8*H4)*geek.sign(H4)))/8)
99 W18 = ((F*sin(radians(10*H4)*geek.sign(H4)))/10)
100 S = (W12*(W13-W14+W15-W16+W17-W18))
```

Cálculo do coeficiente I

$$I = K_0 . S$$

```
102 I = (0.9996*S)
```

Cálculo do coeficiente II

$$II = \left(\frac{\text{N. sen}\phi \cdot \cos\phi \cdot \, \sin^2 1"}{2} \cdot k_0 \cdot \, 10^8\right)$$

```
104 II12 = ((A5/(sqrt(1-((A5**2-
B5**2)/A5**2)*(sin(radians(H4)))**2))))
105 II13 = (sin(radians(H4*geek.sign(H4))))
106 II14 = (cos(radians(H4*geek.sign(H4))))
107 II15 = (0.0000000000235044305389)
108 II16 = ((II12*II13*II14*II15)/2)
109 II17 = ((0.9996*10**8))
110 II = (III16*II17)
```

Cálculo do coeficiente III

III =
$$\left(\frac{(sen^41" \cdot N \cdot sen \varphi \cdot cos^3 \varphi)}{24} \cdot (5 - tg^2 \varphi + 9e'^2 \cdot cos^2 \varphi + 4e'^4 \cdot cos^4 \varphi) k_0 \cdot 10^{16}\right)$$

```
112 III01 = (0.00000000000000000055245825495862*
113
              (A5/(sqrt(1-((A5**2-B5**2)/A5**2)*
114
              (sin(radians(H4)))**2)))*
115
             sin(radians(H4*geek.sign(H4)))*
116
             (\cos(\text{radians}(\text{H4*geek.sign}(\text{H4}))))**3/24)
117 III02 = (5-(tan(radians(H4*qeek.sign(H4))))**2+9*
             ((sqrt(A5**2-B5**2))/B5)**2*
118
119
              (\cos(\text{radians}(\text{H4*geek.sign}(\text{H4}))))**2+4*
120
              ((sqrt(A5**2-B5**2))/B5)**4*
121
              (\cos(\text{radians}(\text{H4*geek.sign}(\text{H4}))))**4)
122 \text{ III}03 = (0.9996*10**16)
123 \text{ III} = (\text{III}01 \times \text{III}02 \times \text{III}03)
```

Cálculo do coeficiente IV

$$IV = (N \cdot \cos \varphi \, \text{sen} 1'' \cdot k_0 \cdot 10^4)$$

```
125 IV = (((A5/(sqrt(1-((A5**2B5**2)/A5**2)*
126 (sin(radians(H4)))**2)))*cos(radians(H4*geek.sign(H4)))*
127 0.00000484813681107636)*0.9996*10**4)
```

Cálculo do coeficiente V

$$V = \left\{ \frac{sen^3 \ 1" \ N . \cos^3 \varphi}{6} \ \left(1 - tg^2 \ \varphi + {e'}^2 . \cos^2 \varphi \right) K_o . 10^{12} \right\}$$

Cálculo de N', N, E' e E

$$E' = IV + V + B'_{5}$$

 $E = 500.000 + E'$

```
137 #CÁLCULO DA COORDENADA ESTE

138

139 if (B6<L4):

E1 = 500000+((IV*p)+(V*p**3+(B55*p**5)))
```

$$N' = I + II + III + A'_{6}$$

 $N = 10.000.000 - N'$

```
149 #CÁLCULO DA COORDENADA NORTE
150
151 if (H4<0):
152
153    N1 = 10000000-(I+(II*p**2)+(III*p**4)+(A6*p**6))
154
155 else:
156    N1 = I+(II*p**2)+(III*p**4)+(A6*p**6)
157
158 texto_N1 = f"{N1:_.3f}"
159 texto_N1 = texto_N1.replace(".",",",").replace("_",".")
160 print (f" COORDENADA UTM NORTE DO PONTO 1 = {texto_N1}m")</pre>
```

3.6 Desenvolvimento dos cálculos para conversão de coordenadas UTM para coordenadas geodésicas

Da maneira que foi usado parâmetros para determinação das coordenadas UTM no cálculo anterior, também foi desenvolvido o cálculo da conversão em Python do sistema UTM para a determinação das Coordenadas Geodésicas obtendo a latitude e longitude em graus, minutos e segundos. Sendo necessário a configuração do projeto, importando bibliotecas e funções matemáticas nas quais foram necessárias para as conversões das coordenadas.

Conforme usado no programa anterior, foi necessário importar as bibliotecas e funções matemáticas nas quais foram necessárias para as conversões das coordenadas.

```
1 from math import exp, expm1, sin, radians, fabs, sqrt, cos, tan 2 import numpy as geek
```

Na linha 5, do código expresso, a opção "E4" solicita a coordenada UTM este para o usuário, exemplo 248207.452.

```
4 #solicitação da coordenada UTM ESTE ao usuário
5 E4 = float(input('\nInforme a Coordenada UTM ESTE: '))
```

Na linha 8, do código expresso, a opção F4" solicita a coordenada UTM norte para o usuário, exemplo 7012583.714.

```
7 #solicitação da coordenada UTM NORTE ao usuário
8 F4 = float(input('\nInforme a Coordenada UTM NORTE:'))
```

```
13 #Longitude do meridiano central do fuso
14 B6 = int(input('\nInforme o Meridiano Central:'))
```

Cálculo da projeção em E'

$$E' = 500.000 - E$$

```
17 #Cálculo da projeção de E'
18 H4 = ((500000-E4)*geek.sign(((500000-E4))))
```

Cálculo da projeção em N'

$$N' = 10.000.000 - N$$

```
20 #Cálculo da projeção de N'
21 I4 = (10000000-F4)
```

Primeira excentricidade

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

```
23 e = (sqrt ((A5 ** 2 ) - (B5 ** 2 )) / A5) #Primeira
excentricidade
24 #e = 0,0818191913222
```

Segunda excentricidade

$$e' = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{b}$$

```
26 ee = (sqrt ((A5 ** 2 ) - (A5 ** 2 )) / B5) #Segunda
excentricidade
27 #ee = 0,082094438434
```

Fórmula do coeficiente A

$$A = 1 + \frac{3}{4}e^{2} + \frac{45}{64}e^{4} + \frac{175}{256}e^{6} + \frac{11025}{16384}e^{8} + \frac{43659}{65536}e^{10}$$

Fórmula do coeficiente B

$$B = \frac{3}{4}e^{2} + \frac{15}{16}e^{4} + \frac{225}{512}e^{6} + \frac{2205}{2048}e^{8} + \frac{72765}{65536}e^{10}$$

Fórmula do coeficiente C

$$C = \frac{15}{64}e^4 + \frac{105}{256}e^6 + \frac{2205}{4096}e^8 + \frac{10395}{16384}e^{10}$$

Fórmula do coeficiente α

$$\alpha = \frac{A \cdot a \cdot (1 - e^2)}{p^0}$$

```
47 \alpha = Y4 = ((S4*A5*(1-(A5**2-B5**2)/A5**2)*
48 \qquad (radians(180))/180))
```

Fórmula do coeficiente D

$$D = \frac{35}{512}e^6 + \frac{315}{2048}e^8 + \frac{31185}{131072}e^{10}$$

Fórmula do coeficiente E

$$E = \frac{315}{16384}e^8 + \frac{3465}{65536}e^{10}$$

```
54 E = W4 = (315/16384*(sqrt(A5**2-B5**2)/A5)**8+

55 	 3465/65536*(sqrt(A5**2-B5**2)/A5)**10)
```

Fórmula do coeficiente F

$$F = \frac{639}{131072}e^{10}$$

57 F = X4 = (639/131072*(sqrt(A5**2-B5**2)/A5)**10)

Fórmula do coeficiente φ'_1

$$\varphi'_1 = \left(\frac{\mathsf{N}'}{\mathsf{K}_0}\right) \cdot \left(\frac{1}{\alpha}\right)$$

- 59 #Primeira aproximação
- 60 J4 = (I4/0.9996) * (1/Y4)

Fórmula do coeficiente β

$$\beta = \frac{B \cdot a \cdot (1 - e^2)}{2}$$

$$62 Z4 = ((T4*A5*(1-(A5**2-B5**2)/A5**2))/2)$$

Fórmula do coeficiente γ

$$\gamma = \frac{C \cdot a \cdot (1 - e^2)}{4}$$

$$64 \gamma = AA4 = ((U4*A5*(1-(A5**2-B5**2)/A5**2))/4)$$

Fórmula do coeficiente δ

$$\delta = \frac{D \cdot a \cdot (1 - e^2)}{6}$$

66
$$\delta = AB4 = ((V4*A5*(1-(A5**2-B5**2)/A5**2))/6)$$

Fórmula do coeficiente ε

$$\varepsilon = \frac{E \cdot a \cdot (1 - e^2)}{8}$$

68
$$\varepsilon = AC4 = ((W4*A5*(1-(A5**2-B5**2)/A5**2))/8)$$

Fórmula do coeficiente ξ

$$\xi = \frac{F \cdot a \cdot (1 - e^2)}{10}$$

70
$$\xi = AD4 = ((X4*A5*(1-(A5**2-B5**2)/A5**2))/10)$$

Fórmula da aproximação φ'₂

$${\phi'}_2 = \frac{1}{\alpha} \cdot (B' + \beta \cdot \text{sen2}\phi_i - \gamma \cdot \text{sen4}\phi_i + \delta \cdot \text{sen6}\phi_i - \epsilon \cdot \text{sen8}\phi_i + \xi \cdot \text{sen10}\phi_i)$$

```
72 #Segunda aproximação

73 K4 = (1/Y4)*((I4/0.9996)+Z4*sin(2*radians(J4))-

74 AA4*sin(4*radians(J4))+AB4*sin(6*radians(J4))-

AC4*sin(8*radians(J4))+AD4*sin(10*radians(J4)))
```

Fórmula da aproximação φ'₃

$$\phi'_{3} = \frac{1}{\alpha} \cdot (B' + \beta \cdot \text{sen}2\phi_{2} - \gamma \cdot \text{sen}4\phi_{2} + \delta \cdot \text{sen}6\phi_{2} - \epsilon \cdot \text{sen}8\phi_{2} + \xi \cdot \text{sen}10\phi_{2})$$

```
77 #Terceira aproximação

78 L4 = ((1/Y4)*((I4/0.9996)+Z4*sin(2*radians(K4))-

79 AA4*sin(4*radians(K4))+AB4*sin(6*radians(K4))-

80 AC4*sin(8*radians(K4))+AD4*sin(10*radians(K4)))
```

Fórmula da aproximação φ'₄

$${\phi'}_4 = \frac{1}{\alpha} \cdot (B' + \beta \cdot \text{sen}2\phi_3 - \gamma \cdot \text{sen}4\phi_3 + \delta \cdot \text{sen}6\phi_3 - \epsilon \cdot \text{sen}8\phi_3 + \xi \cdot \text{sen}10\phi_3)$$

```
82 #quarta aproximação

83 M4 = ((1/Y4)*((I4/0.9996)+Z4*sin(2*radians(L4))-

84 AA4*sin(4*radians(L4))+AB4*sin(6*radians(L4))-

AC4*sin(8*radians(L4))+AD4*sin(10*radians(L4))))
```

Fórmula da aproximação φ'₅

$${\phi'}_5 = \frac{1}{\alpha} \cdot (B' + \beta \cdot \text{sen} 2\phi_4 - \gamma \cdot \text{sen} 4\phi_4 + \delta \cdot \text{sen} 6\phi_4 - \epsilon \cdot \text{sen} 8\phi_4 + \xi \cdot \text{sen} 10\phi_4)$$

```
87 #quinta aproximação

88 N4 = ((1/Y4)*((I4/0.9996)+Z4*sin(2*radians(M4))-

89 AA4*sin(4*radians(M4))+AB4*sin(6*radians(M4))-

90 AC4*sin(8*radians(M4))+AD4*sin(10*radians(M4))))
```

Fórmula da aproximação φ'₆

$${\phi'}_6 = \frac{1}{\alpha} \cdot (B' + \beta \cdot \text{sen}2\phi_5 - \gamma \cdot \text{sen}4\phi_5 + \delta \cdot \text{sen}6\phi_5 - \epsilon \cdot \text{sen}8\phi_5 + \xi \cdot \text{sen}10\phi_5)$$

```
92 #sexta aproximação

93 O4 = ((1/Y4)*((14/0.9996)+Z4*sin(2*radians(N4))-

94 AA4*sin(4*radians(N4))+AB4*sin(6*radians(N4))-

95 AC4*sin(8*radians(N4))+AD4*sin(10*radians(N4)))
```

Fórmula do coeficiente D'₆

$$D'_{6} = \frac{\operatorname{tg} \varphi'}{720 \cdot N^{6} \cdot \operatorname{sen} 1''} \cdot \left(61 + 90 \cdot tg^{2} \varphi' + 45 \cdot tg^{4} \varphi' + 107 \cdot e'^{2} \cdot \cos^{2} \varphi - 162 \cdot e'^{2} \cdot \operatorname{sen}^{2} \varphi' - 45 \cdot e'^{2} \cdot tg^{2} \varphi' \cdot \operatorname{sen}^{2} \varphi'\right) \cdot \frac{1}{K_{0}^{6}} \cdot 10^{36}$$

```
97 AE4 = (((tan(radians(O4)*geek.sign(O4)))/
98
                (720*(A5/(sqrt(1-((A5**2-B5**2)/A5**2)*
                (sin(radians(04)))**2)))**6*
99
100
                sin(radians(0.0002777777777777)))) *
101
                (61+(90*tan(radians(04)*geek.sign(04))**2)+
                (45*tan(radians(04)*geek.sign(04))**4)+
102
103
                (107*((sqrt(A5**2-B5**2))/B5**2)**2*
104
                cos(radians(04)*geek.sign(04))**2)-
105
                (162*((sqrt(A5**2-B5**2))/B5**2)**2*
                sin(radians(04)*geek.sign(04))**2)-
106
107
                (45*((sqrt(A5**2-B5**2))/B5**2)**2*
                tan(radians(04)*geek.sign(04))**2*
108
109
                sin(radians(04)*geek.sign(04))**2))*
110
                ((1/0.9996**6))*10**36)
```

Fórmula do coeficiente E'₆

$$\begin{split} \mathrm{E'}_5 &= \frac{\sec \varphi'}{120 \cdot \mathrm{N^5 \cdot sen1''}} \cdot \left(5 + 28 \cdot tg^2 \varphi' + 24 \cdot tg^4 \varphi' + 6 \cdot e'^2 \cdot cos^2 \varphi \right. \\ &\quad + 8 \cdot e'^2 \cdot sen^2 \varphi' \right) \cdot \frac{1}{K_0^5} \cdot 10^{30} \end{split}$$

```
112 AF4 = ((1/(cos(radians(O4)*geek.sign(O4))))/
113
                (120*(A5/(sgrt(1-((A5**2-B5**2)/A5**2)*
114
                (sin(radians(04)))**2)))**5*
115
                sin(radians(0.00027777777777777)))*
116
                (5+(28*tan(radians(04)*geek.sign(04))**2)+
117
                (24*tan(radians(04)*geek.sign(04))**4)+
                (6*((A5**2-B5**2)/B5**2)*
118
119
                cos(radians(04)*geek.sign(04))**2)+
120
                (8*(A5**2-B5**2)/B5**2)*sin(radians(O4)*
121
                geek.sign(04))**2))*(1/0.9996**5)*10**30)
```

Fórmula do coeficiente VII

VII =
$$\frac{\operatorname{tg} \varphi'}{2 \cdot N^2 \cdot \operatorname{sen} 1''} \cdot (1 + e'^2 \cdot \cos^2 \varphi) \cdot \frac{1}{K_0^2} \cdot 10^{12}$$

Fórmula do coeficiente VIII

$$\begin{aligned} \text{VIII} &= \frac{\text{tg}\,\phi'}{24 \cdot \text{N}^4 \cdot \text{sen1"}} \cdot \left(5 + 3 \cdot tg^2 \phi' + 6 \cdot e'^2 \cdot \cos^2 \phi' - 6 \cdot e'^2 \cdot \text{sen}^2 \phi' - 3 \cdot e'^4 \cdot \cos^4 \phi' - 9 \cdot e'^4 \cdot \cos^2 \phi' \cdot \text{sen}^2 \phi'\right) \cdot \frac{1}{K_0^4} \cdot 10^{24} \end{aligned}$$

```
130 VIII = AH4 = (((tan(radians(O4)*geek.sign(O4))))
131
                 (24*(A5/(sqrt(1-((A5**2-B5**2)/A5**2)*
                 (sin(radians(04)))**2)))**4*
132
133
                 sin(radians(0.0002777777777777)))) *
134
                 (5+(3*tan(radians(04)*geek.sign(04))**2)+
                 (6*((sqrt(A5**2-B5**2))/B5**2)**2*
135
136
                 cos(radians(O4)*geek.sign(O4))**2) -
137
                 (6*((sqrt(A5**2-B5**2))/B5**2)**2*
138
                 sin(radians(O4)*geek.sign(O4))**2) -
139
                 (3*((sqrt(A5**2-B5**2))/B5**2)**4*
140
                 cos(radians(O4)*geek.sign(O4))**4) -
                 (9*((sqrt(A5**2-B5**2))/B5**2)**4*
141
142
                 cos(radians(04)*geek.sign(04))**4*
143
                 sin(radians(04)*geek.sign(04))**2))*
                 ((1/0.9996**4))*10**24)
144
```

Fórmula do coeficiente IX

$$IX = \frac{\sec \phi'}{N \cdot \text{sen1"}} \cdot \frac{1}{K_0} \cdot 10^6$$

Fórmula do coeficiente X

$$X = \frac{\sec \phi'}{6 \cdot N^3 \cdot \text{sen1"}} \cdot (1 + 2 \cdot \text{tg}^2 \phi' + e'^2 \cdot \cos^2 \phi') \cdot \frac{1}{K_0^3} \cdot 10^{18}$$

$$q = 0.000001 . E'$$

```
160 q = AK4 = (0.000001*H4)
```

Cálculo da latitude em decimais

$$\phi' = \left(\frac{(\phi'_6.3600) - (VII.q^2) + (VIII.q^4) - (D'_6.q^6)}{3600}\right)$$

```
162 #Latitude em Grau Decimal
163 P4 = (((04*3600) - (AG4*AK4**2) + (AH4*AK4**4) - (AE4*AK4**6))/3600)
```

Delta em decimais

$$\Delta \lambda = \left(\frac{(IX.q) - (X.q^3) + (E'_5.q^5)}{3600} \right)$$

```
165 #Delta do Grau Decimal
166 Δλ = Q4=(((AI4*AK4)-(AJ4*AK4**3)+(AF4*AK4**5))/3600)
```

Cálculo da longitude

$$E' = 500.000 - E$$

Cálculo da conversão de graus decimais para grau, minuto, segundo

$$gg$$
, $dddddddd = gg^{\circ} + 0$, $dddddddd$. (60)
 $gg^{\circ} + mm$, $dddddddd = gg^{\circ} + mm' + 0$, $ddddddd$. (3600)
 $gg^{\circ} + mm'ss'$

```
177 #Cálculo da Lat. Geodésica em Graus, Minutos e Segundos
178 AM = int ((AL4*geek.sign(AL4))*geek.sign(AL4))
179 print ("\n LATITUDE GEODÉSICA: \n\t GRAU:", AM)
180 AN = int (((AL4*geek.sign(AL4) - int(AL4*geek.sign(AL4)))*60))
181 print ("\t MINUTO:", AN)
182 AO = ((((AL4*geek.sign(AL4) -
183 int(AL4*geek.sign(AL4)))*60) -
184 int((AL4*geek.sign(AL4)))*60) -
185 int(AL4*geek.sign(AL4)))*60))
186 texto_AO = f"{AO: _.4f}"
187 texto_AO = texto_AO.replace(".",",").replace("_",".")
188 print (f"\t SEGUNDO:{texto_AO}")
```

```
190 #Cálculo da Long. geodésica em Graus, Minutos e Segundos
191 AQ = int ((AP4*geek.sign(AP4))*geek.sign(AP4))
192 print ("\n LONGITUDE GEODÉSICA: \n\t GRAU :", AQ)
```

```
193 AR = int((AP4*geek.sign(AP4)-int(AP4*geek.sign(AP4)))*60)

194 print ("\t MINUTO:", AR)

195 AS = ((((AP4*geek.sign(AP4)-
196 int(AP4*geek.sign(AP4)))*60)-
197 int((AP4*geek.sign(AP4)-
198 int(AP4*geek.sign(AP4)))*60))*60)

199 texto_AS = f"{AS:_.4f}"

200 texto_AS = texto_AS.replace(".",",").replace("_",".")
201 print (f"\t SEGUNDO: {texto_AS}")
```

3.7 Geração de relatório em PDF

Para a geração de relatório em PDF é necessário a importação de uma biblioteca, na qual foi usada a **FPDF** (Python Software Foundation, 2015), onde é necessário assim como as anteriores, a instalação dela no *prompt* de comando, escrevendo "*pip install fpdf*". Primeiro passo é importar a biblioteca, conforme código abaixo.

```
203 #Gera PDF
204 From fpdf import FPDF
```

Em seguida, os parâmetros de criação do PDF.

```
205 pdf = FPDF()
206 pdf.add_page()
207 pdf.set_xy(30,30)
208 pdf.set_font('arial', '', 12)#Fonte e altura da letra
```

Anexando imagens no arquivo a ser gerado.

```
209 pdf.image('unipampa.jpg'), x=20, y=19, w=30, h=22)
210 Pdf.image('labsim.jpg'), x=160, y=22, w=30, h=20)
```

Adicionando um texto para o cabeçalho.

```
Pdf.cell(155,-7 "Engenharia Cartográfica e de Agrimensura", ln=1, aling="C")

Pdf.cell(195,24 "Laboratório de Sitemas Inteligentes e Modelagem", ln=1, aling="C")

Pdf.cell(195,-7 "Estágio Curricular Obrigatório", ln=1, aling="C")

Pdf.cell(195,-7 "Estágio Curricular Obrigatório", ln=1, aling="C")
```

```
Pdf.cell(195,24 "Conversor de Coordenadas UTM para Coordenadas Geodésicas", ln=1, aling="C")
```

Para exportar e gerar o arquivo em PDF

```
223 Pdf.output('1_ENTRA_UTM_SAI_LATLOG', 'f')
```

3.8 Exportação de coordenada para o mapa

Para plotar uma coordenada em um mapa com Python, é necessário a instalação da biblioteca **folium**, **(**Python Software Foudation, 2021) **io**, **(**Python Software Foudation, 2017) e **PIL (**Python Software Foudation, 2013) pelo *prompt* de comando, escrevendo "*pip install folium*", "*pip install requires.io*", "*pip install pillow*". Posteriormente efetuar o download da extensão *Geckodriver*, a qual auxilia a exporta de coordenadas. Disponível em *https://github.com/mozilla/geckodriver/releases*, efetuando o download do arquivo "geckodriver-v0.29.1-win64.zip".

Extraia o arquivo (geckodriver.exe) da pasta *Downloads*, coloque dentro da pasta "C:/windows/system32".

Como mencionado, é necessário importar das bibliotecas **folium, io, PIL** para a interface do Python, dessa forma:

```
225 Import folium
226 From PIL import Imagem
227 Import io
```

Foi necessário identificar uma coordenada geodésica decimal, a qual foi calculada durante o desenvolvimento do conversor, e exportado para html, para poder transformar em imagem, assim permitindo anexar no PDF. A Coordenada Geodésica decimal é representada por AL4, e R4.

```
229 Mapa = folium.map(
      Location=[AL4,R4],
230
       Zoom start=15)
231
232 folium.Marker(
233
      [AL4,R4],
       popup='<i>ponto</i>',
234
       ).add_to(mapa)
236 mapa.save('1 entrada utm sai latlong.html')
237
238 img data = mapa. to png(5)
239 img = image.open(io.BytesIO(img data))
240 img.save('1 entra utm sai latlong.png')
241
```

```
242 pdf.cell(190,30, (f'Localização da coordenada processada: '),
243 ln=1, align="L")
244
245 pdf.image('1_entra_utm_sai_latlong.pdf', "F")
```

3.9 Cálculo de distância entre coordenadas

No cálculo para obtenção de distância entre duas coordenadas, utilizou-se o código da seção 3.3 e 3.4, para coordenadas geodésicas e UTM, respectivamente.

Na determinação da distância entre dois pontos é necessário que tenha duas coordenadas geodésicas de pontos diferentes e que estejam no sistema UTM. Quando a entrada for em coordenadas UTM, o cálculo é direto, caso contrário, quando as coordenadas forem geodésicas é necessário a conversão para o sistema UTM.

O cálculo de distância entre dois pontos no espaço é o menor comprimento do segmento de reta que liga esses dois pontos e é obtido pelo Teorema de Pitágoras conforme equação abaixo (Howard, 2012).

$$Dab = \sqrt{(x^2 - x^1)^2 + (y^2 - y^1)^2}$$

Onde em Python foi desenvolvido da seguinte forma:

```
246 DELTAE = E1 - E2
247 DELTAN = N1 - N2
248
249 DISTANCIA = (sqrt(DELTAE**2) + (DELTAN**2)))
250 texto_DISTANCIA = f"(DISTANCIA:_.3f)"
251 texto_DISTANCIA =
252 texto_DISTANCIA.replace(".",",").replace("_",".")
253
254 pdf.cell(200,8, f'distância calculada entre as duas
255 coordenadas: {texto_DISTANCIA} m ', ln=1, align="L")
```

Entretanto, em todos os códigos de exportação para a o mapa interativo, é necessário efetuar a conversão para coordenadas geodésicas decimais, visto que o sistema utiliza esse formato.

4 RESULTADOS

Com o desenvolvimento dos cálculos geodésicos em Python, foi possível resultar em quatro relatórios em PDF. O primeiro, (anexo I) é o relatório de conversão de coordenadas UTM para coordenadas geodésicas. O segundo, (anexo II) é o relatório de conversão de coordenadas geodésicas para coordenadas UTM. O terceiro, (anexo III) é o relatório do cálculo de distância entre duas coordenadas UTM. O quarto, (anexo IV) é o relatório do cálculo de distância entre duas coordenadas geodésicas.

No primeiro Programa, foi inserido coordenadas UTM, calculando coordenadas geodésicas decimais, latitude e longitude geodésica em graus, minutos e segundos, conforme Tabela 2:

Tabela 2 – Resultados de cálculo de conversão para o Primeiro Programa.

Coordenada UTM leste informada	248207,452 m
Coordenada UTM norte informada	7012583,714 m
Latitude geodésica decimal calculada	-26,98600865°
Longitude geodésica decimal calculada	-53,5370762°
Latitude geodésica calculada	-26° 59' 9,6311"
Longitude geodésica calculada	-53° 32' 13,3354"

Após a execução do cálculo de conversão das coordenadas, imediatamente é exportado um ícone de localização da coordenada geodésica decimal calculada, um mapa, conforme Figura 2.

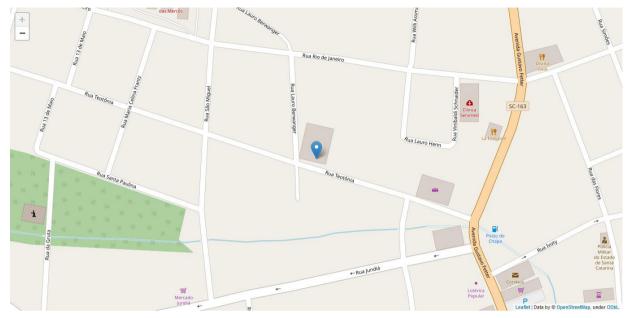


Figura 2 – Mapa de localização da coordenada calculada.

No segundo programa, foi inserido coordenadas geodésicas em graus, minutos e segundos, calculando coordenadas geodésicas decimais e as referidas coordenadas UTM, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados de cálculo de conversão para o Segundo Programa.

Latitude geodésica informada	-27° 10′ 16,9938"
Longitude geodésica informada	-53° 42' 45,8454"
Latitude geodésica decimal calculada	-27,17138717°
Longitude geodésica decimal calculada	-53,71273483°
Coordenada UTM leste calculada	231205,779 m
Coordenada UTM norte calculada	6991674,629 m

Após a execução do cálculo de conversão das coordenadas, imediatamente é exportado um ícone de localização da coordenada geodésica decimal calculada para um mapa, conforme Figura 3.



Figura 3 – Mapa de localização da coordenada calculada.

Já o terceiro programa, foi desenvolvido para a entrada de duas coordenadas UTM, onde é processado e retorna a distância entre elas, conforme é visto na Tabela 4. Todavia calcula também suas coordenadas geodésicas decimais, pois é através delas que são exportados os ícones de localização para o mapa, porém não são informadas no seu relatório, pois a ênfase é dada a determinação da distância entre ambas.

Tabela 4 – Resultados de cálculo de distância entre duas coordenadas UTM para o Terceiro Programa.

Primeira coordenada UTM leste informada	248207,452 m
Primeira coordenada UTM norte informada	7012583,714 m
Segunda coordenada UTM leste informada	231205,776 m
Segunda coordenada UTM norte informada	6991674,628 m
Distância entre as coordenadas	26.948,968 m

Após a execução do cálculo da distância entre as coordenadas, imediatamente é exportado um ícone de localização para cada coordenada UTM informada em mapa, conforme é possível ser visto na Figura 4.



Figura 4 – Mapa de localização das coordenadas informadas.

Por fim, o quarto e último programa, foi desenvolvido para a entrada de duas coordenadas geodésicas, onde é processado e retorna a distância entre elas, conforme é visto na Tabela 5. Todavia, o conversor também calcula suas coordenadas geodésicas decimais, pois é através delas que são exportados os ícones de localização para um mapa, porém não são informadas no seu relatório, pois a ênfase é dada a determinação da distância entre ambas como no terceiro programa.

Tabela 5 – Resultados do cálculo de distância entre duas coordenadas geodésicas para o Quarto Programa.

Primeira coordenada geodésica latitude informada	-26° 59' 9,631"
Primeira coordenada geodésica longitude informada	-53° 32' 13,335"
Segunda coordenada geodésica latitude informada	-27° 10' 16,9938"
Segunda coordenada geodésica longitude informada	-53° 42' 45,8454"
Distância entre as coordenadas	26.948,982 m

Após a execução do cálculo da distância entre as coordenadas, imediatamente é exportado um ícone de localização das coordenadas geodésicas informadas, para sua localização em mapa, conforme Figura 5.



Figura 5 – Mapa de localização das coordenadas informadas.

É válido ressaltar, que os resultados dos cálculos combinam exatamente como as planilhas usadas como referência, consolidando assim os programas desenvolvidos em programação Python.

5 AVALIAÇÃO DO ESTÁGIO

É importante ressaltar que os momentos vivenciados durante o período de estágio foram de pandemia devido ao vírus da COVID-19. Com esse cenário no mundo inteiro, as instituições públicas também tiveram que aderir aos protocolos de segurança, onde todas as atividades possíveis tiveram que aderir ao ensino remoto no decorrer deste período na faculdade, inclusive o estágio curricular obrigatório.

O estágio curricular supervisionado obrigatório, é uma oportunidade importante pra o acadêmico ter o seu primeiro contato com a vida profissional, pois é nesse momento em que é aplicado na prática, os conhecimentos adquiridos durante a graduação. Dentro das condições propostas, digo de passagem que foi bastante desafiador o estágio dessa forma.

O intuito deste trabalho foi desenvolver produtos cartográficos através da linguagem Python, dessa maneira desenvolvendo um conversor geodésico, possibilitando o usuário converter coordenadas entre o sistema geodésico para o

sistema UTM e UTM para geodésico, determinar das distâncias entre duas coordenadas e exibição de ambas em mapa, com geração de relatório em PDF.

Deixando assim uma ferramenta que possa auxiliar os próximos discentes da Engenharia Cartográfica e de Agrimensura como também profissionais que venham a sentir a necessidade do uso.

Foi de grande valia a lição deste estágio, pois a experiência que tive foi diferente, mesmo distante da universidade e dos docentes, em nenhum momento deixaram a desejar no que diz respeito ao ensino, auxiliando a todo momento possibilitando a realização do projeto para podermos seguir em frente em nossa carreira e de certa forma contribuindo ainda mais para a vida de todos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Decreto-lei Nº11.788, de 25 de Setembro de 2008**. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11788.htm. Acesso em: 10 de Agosto de 2021.

BRASIL. **Decreto-lei N° 11.640, de 11 de Janeiro de 2009** Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11640.htm. Acesso em: 13 de Agosto de 2021.

Python Software Foudation, 2015. **FPDF**. Disponível em: https://pypi.org/project/fpdf2/. Acesso em: 02 de Setembro de 2021.

Python Software Foudation, 2021. **Folium**. Disponível em: https://pypi.org/project/folium/0.1.5/. Acesso em: 02 de Setembro de 2021.

Python Software Foudation, 2017. **Io**. Disponível em: https://pypi.org/project/requires.io/. Acesso em: 02 de Setembro de 2021.

Python Software Foudation, 2013. **Python Imaging Library (PIL).** Disponível em: https://pypi.org/project/Pillow/. Acesso em: 02 de setembro de 2021.

SILVEIRA, Leonard Niero da. Cálculos Geodésicos No Excel, Transformação De Coordenadas Geodésicas Em Planas. Revista A Mira - Agrimensura e Cartografia / Editora e Livraria Luana Ltda. Criciúma, Nº 98, p.15-18, Ago/Set de 2000.

SILVEIRA, Leonard Niero da. Cálculos Geodésicos No Excel, Transformação De Coordenadas Planas UTM em Coordenadas Geodésicas. Revista A Mira - Agrimensura e Cartografia / Editora e Livraria Luana Ltda, Criciúma, Nº 129, p.47-51, Setembro/Outubro de 2005.

Howard, Anton, Álgebra linear com aplicações [recurso eletrônicos] / Anton Howard, Chris Rorres. Tradução técnica: Claus Ivo Doering. – 10 ed. Porto Alegre. Bookman, 2012.

ANEXOS

ANEXO I – Relatório de Cálculo de Conversão de Coordenadas UTM para Coordenadas Geodésicas.



Engenharia Cartográfica e de Agrimensura Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem Estágio Curricular Obrigatório



Conversor de Coordenadas UTM para Coordenadas Geodésicas

Coordenada UTM Este informada: 248.207,452 m

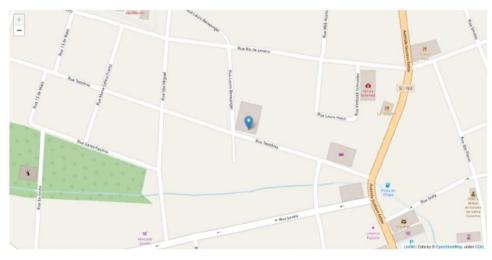
Coordenada UTM Norte informada: 7.012.583,714 m

Longitude Decimal Calculada: -53,53703762°

Latitude Decimal Calculada: -26,98600865°

Latitude Geodésica Calculada: -26° 59' 9,6311"

Longitude Geodésica Calculada: -53° 32' 13,3354"



ANEXO II – Relatório de Cálculo de Conversão de Coordenadas Geodésicas para Coordenadas UTM.



Engenharia Cartográfica e de Agrimensura Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem



Estágio Curricular Obrigatório

Conversor de Coordenadas Geodésicas para Coordenadas UTM

Latitude Geodésica informada: -27° 10' 16.9938"

Longitude Geodésica informada: -53° 42' 45.8454"

Latitude Geodésica Decimal Calculada: -27,17138717°

Longitude Geodésica Decimal Calculada: -53,71273483°

Coordenada UTM Este Calculada: 231.205,779 m

Coordenada UTM Norte Calculada: 6.991.674,629 m



ANEXO III - Relatório de Cálculo de Distância entre duas Coordenadas UTM.



Engenharia Cartográfica e de Agrimensura Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem Estágio Curricular Obrigatório

Cálculo de Distância entre duas Coordenadas UTM



Primeira Coordenada UTM Este informada: 231.205,776 m

Primeira Coordenada UTM Norte informada: 6.991.674,628 m

Segunda Coordenada UTM Este informada: 248.207,452 m Segunda Coordenada UTM Norte informada: 7.012.583,714 m

Distância calculada entre as coordenadas informadas: 26.948,968 m



ANEXO IV - Relatório de Cálculo de Distância entre duas Coordenadas Geodésicas.



Engenharia Cartográfica e de Agrimensura Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem Estágio Curricular Obrigatório



Cálculo de Distância entre duas Coordenadas Geodésicas

Primeira Latitude Geodésica informada: -26° 59' 9.631" Primeira Longitude Geodésica informada: -53° 32' 13.335"

Segunda Latitude Geodésica informada: -27° 10' 16.9938" Segunda Longitude Geodésica informada: -53° 42' 45.8454"

Distância calculada entre as coordenadas informadas: 26.948,982 m

