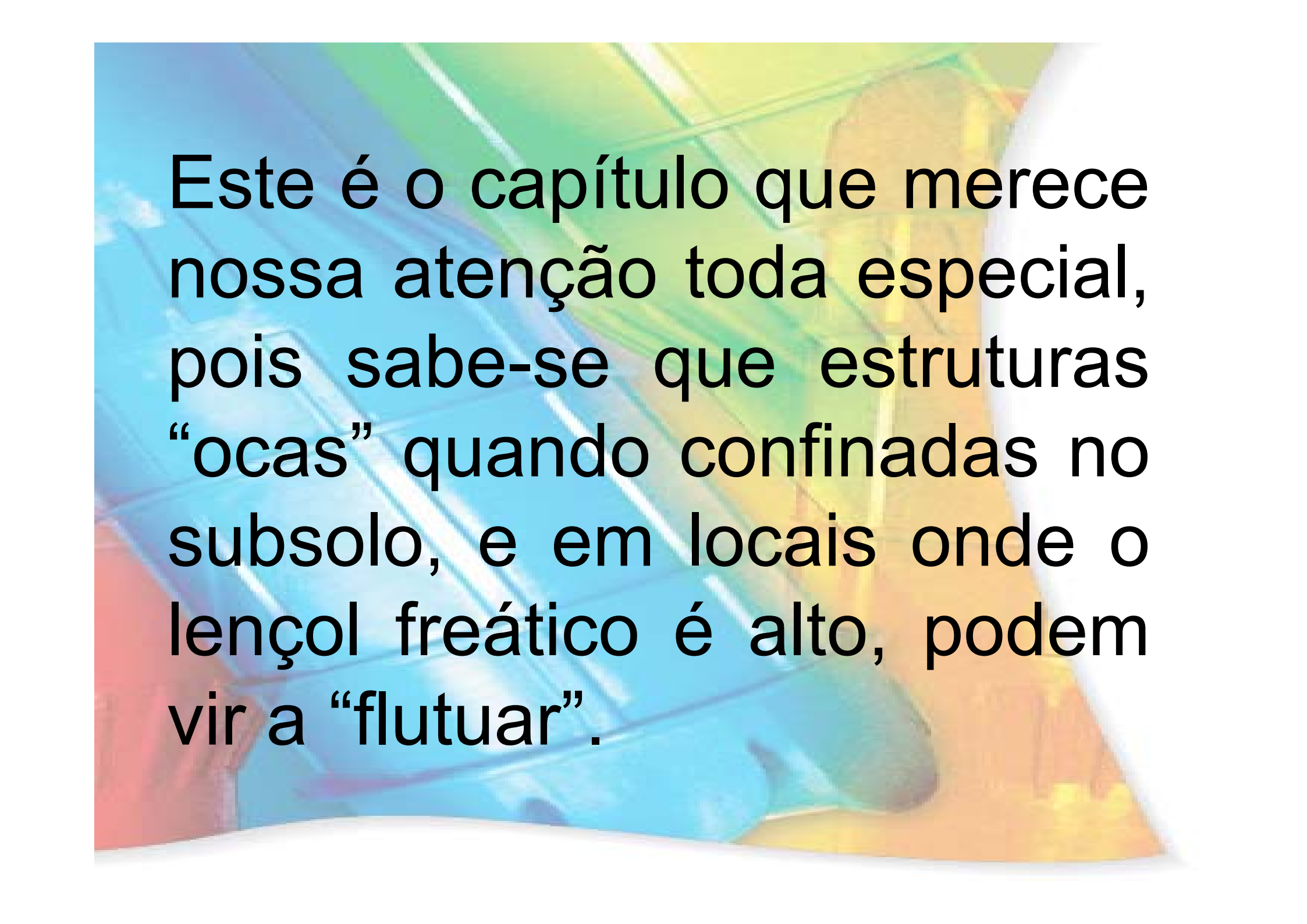


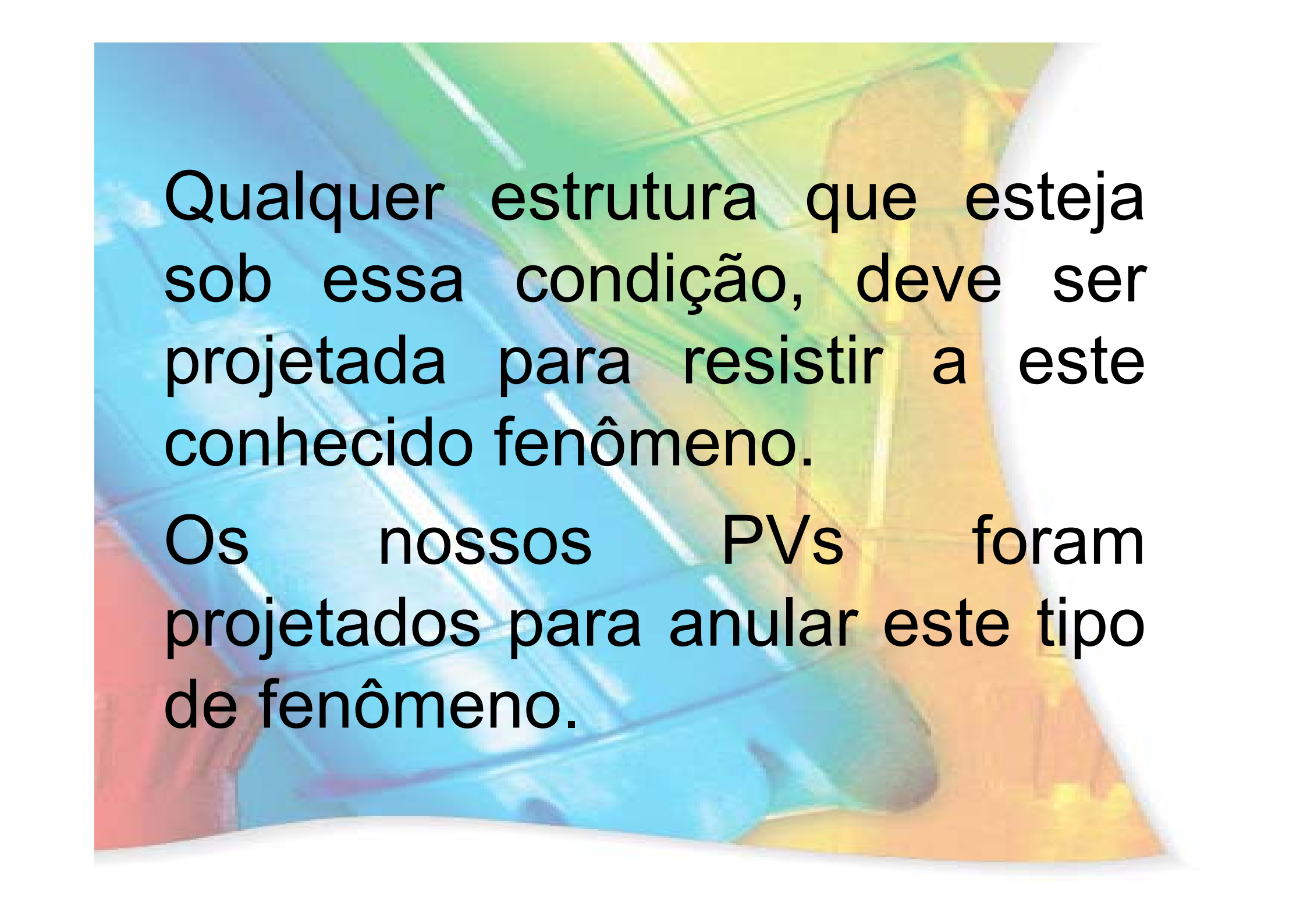


Resistência à flutuação



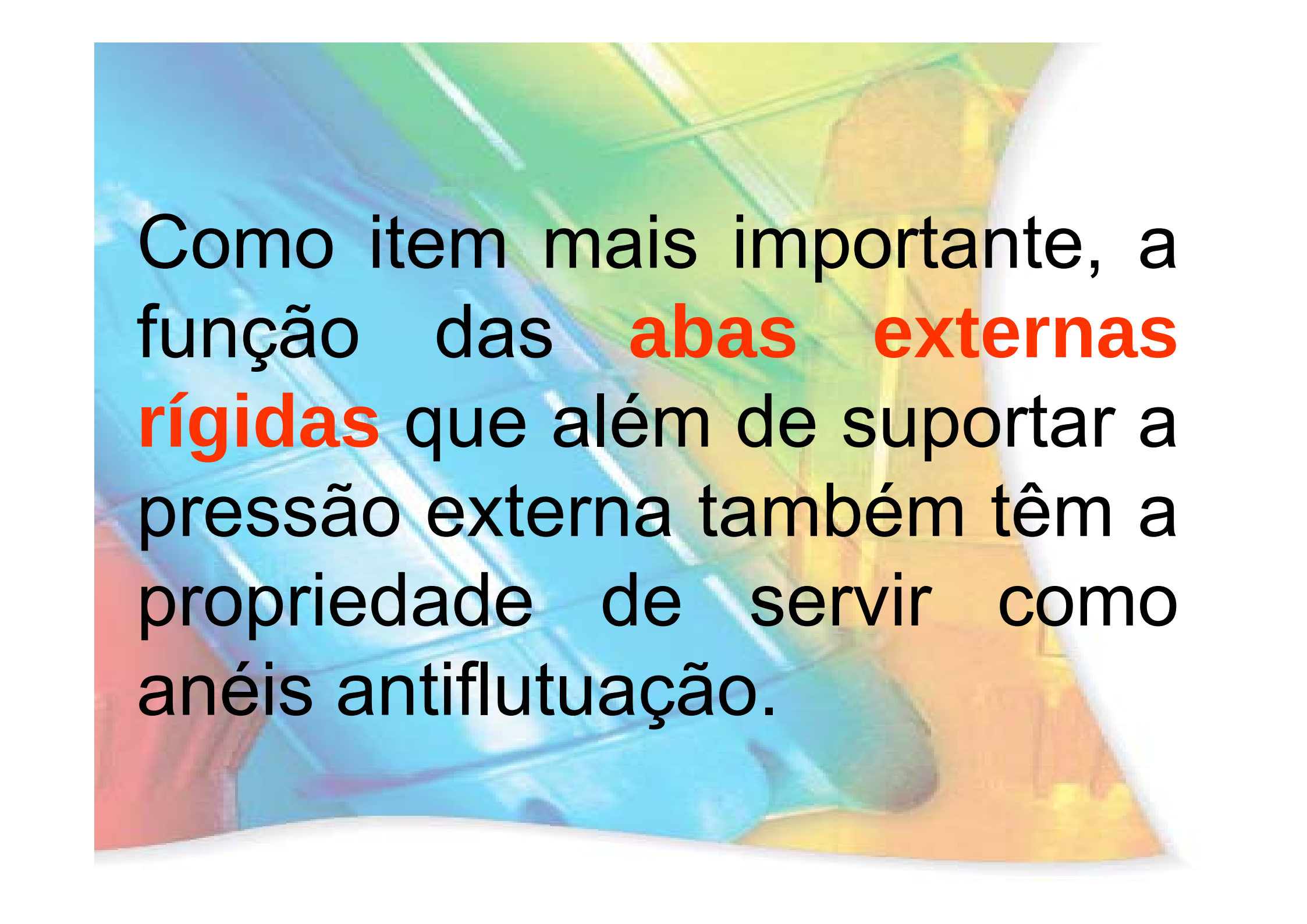
Este é o capítulo que merece nossa atenção toda especial, pois sabe-se que estruturas “ocas” quando confinadas no subsolo, e em locais onde o lençol freático é alto, podem vir a “flutuar”.





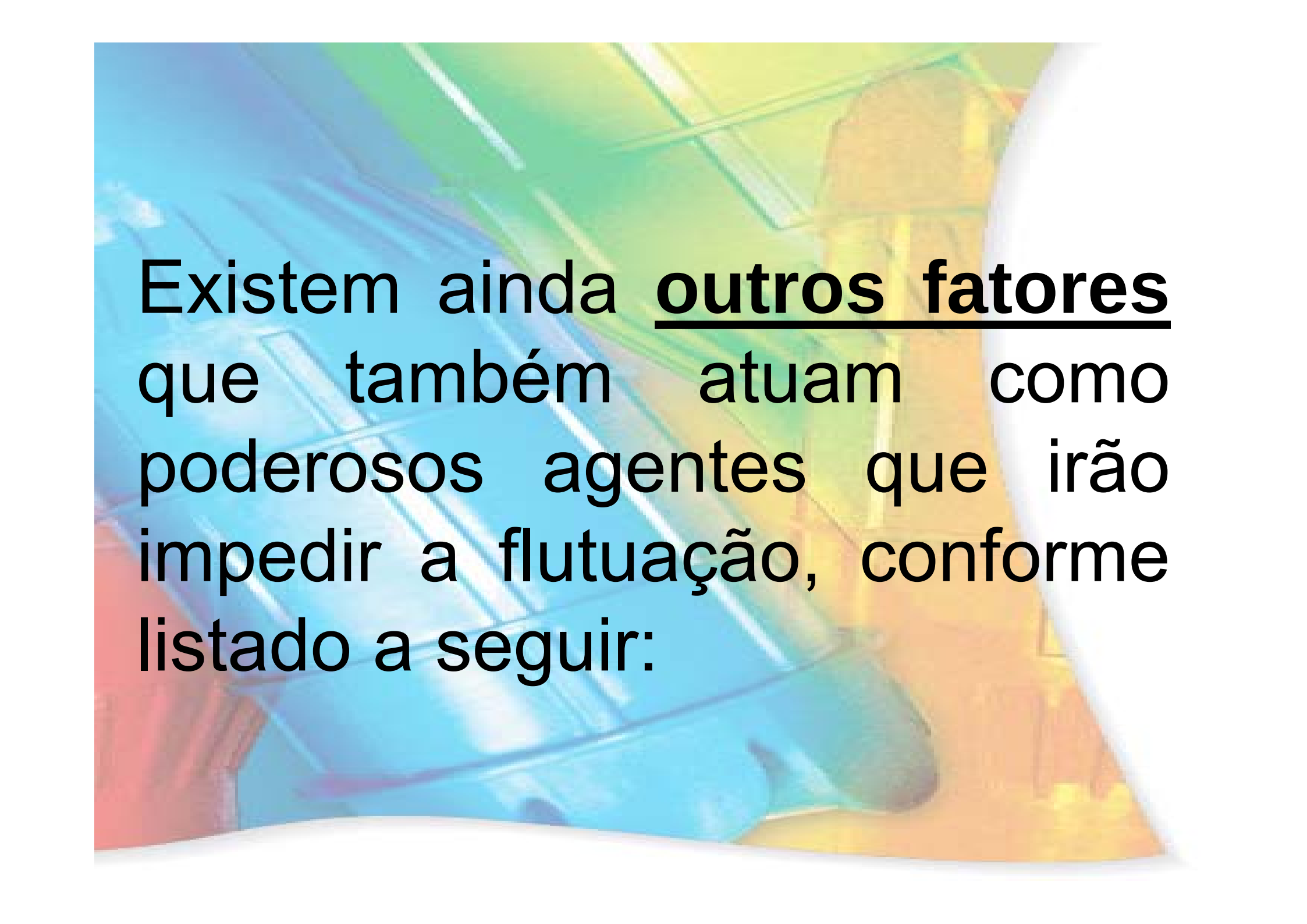
Qualquer estrutura que esteja sob essa condição, deve ser projetada para resistir a este conhecido fenômeno.

Os nossos PVs foram projetados para anular este tipo de fenômeno.

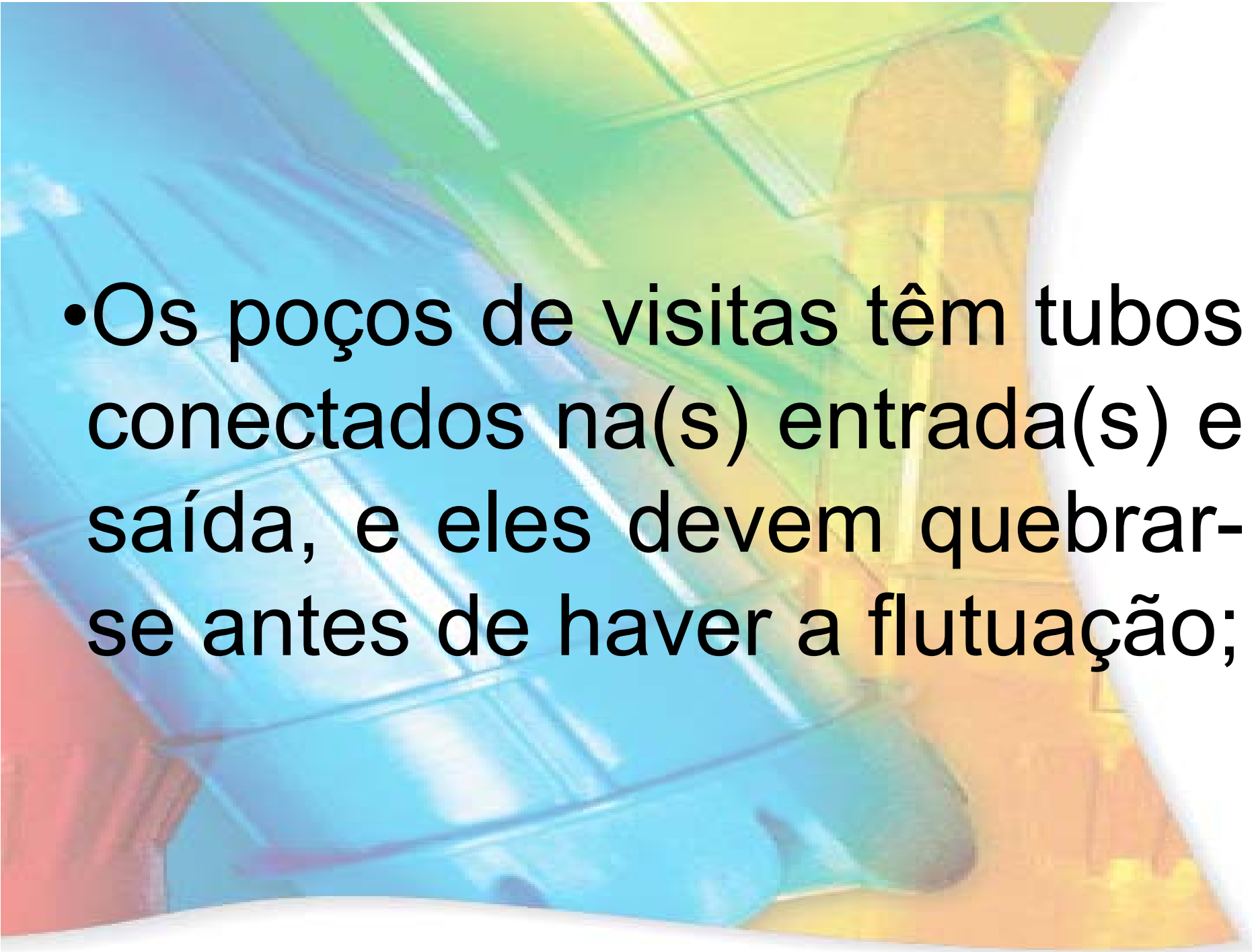


Como item mais importante, a função das **abas externas rígidas** que além de suportar a pressão externa também têm a propriedade de servir como anéis antilutuação.





Existem ainda outros fatores que também atuam como poderosos agentes que irão impedir a flutuação, conforme listado a seguir:

- 
- Os poços de visitas têm tubos conectados na(s) entrada(s) e saída, e eles devem quebrar-se antes de haver a flutuação;







- A fricção entre a areia adensada e a parte externa dos poços de visita;

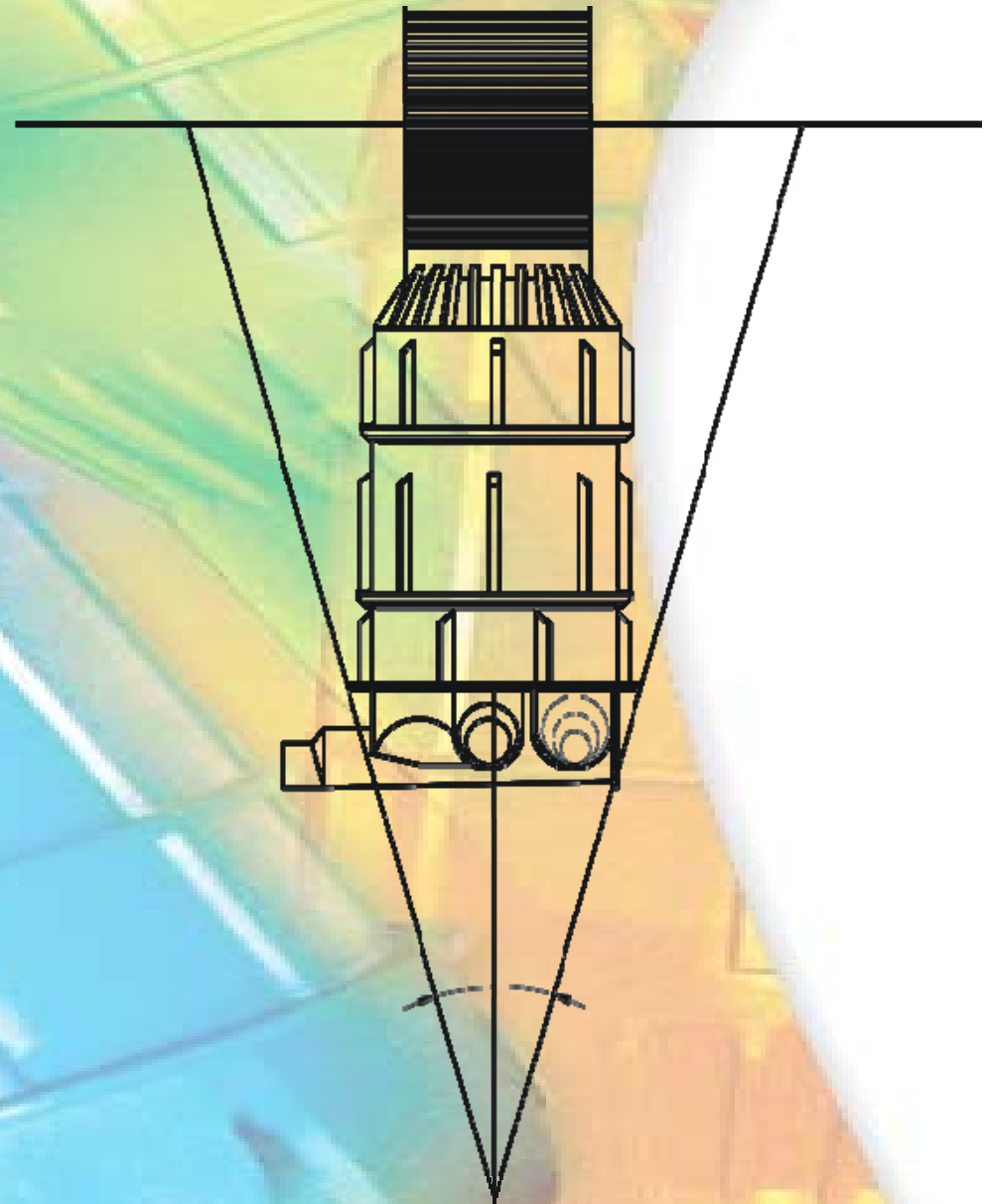


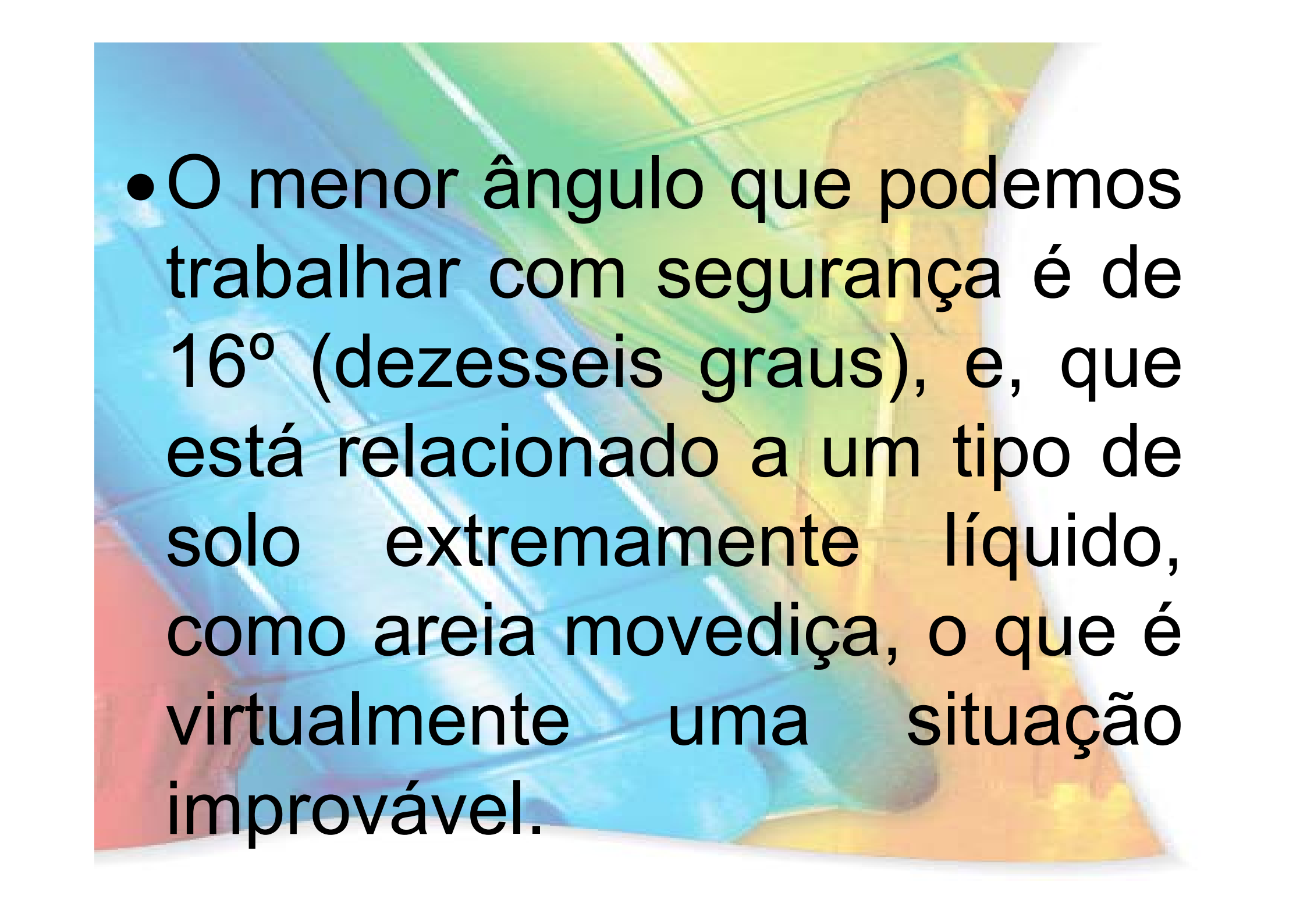
- O peso do solo diretamente sobre o domo superior do poço de visita;



- Devemos ainda, considerar a existência de uma força cônica, exercendo sobre cada anel rígido e na mesma direção da carga transferida, para baixo, e na direção em que o solo está compactado.

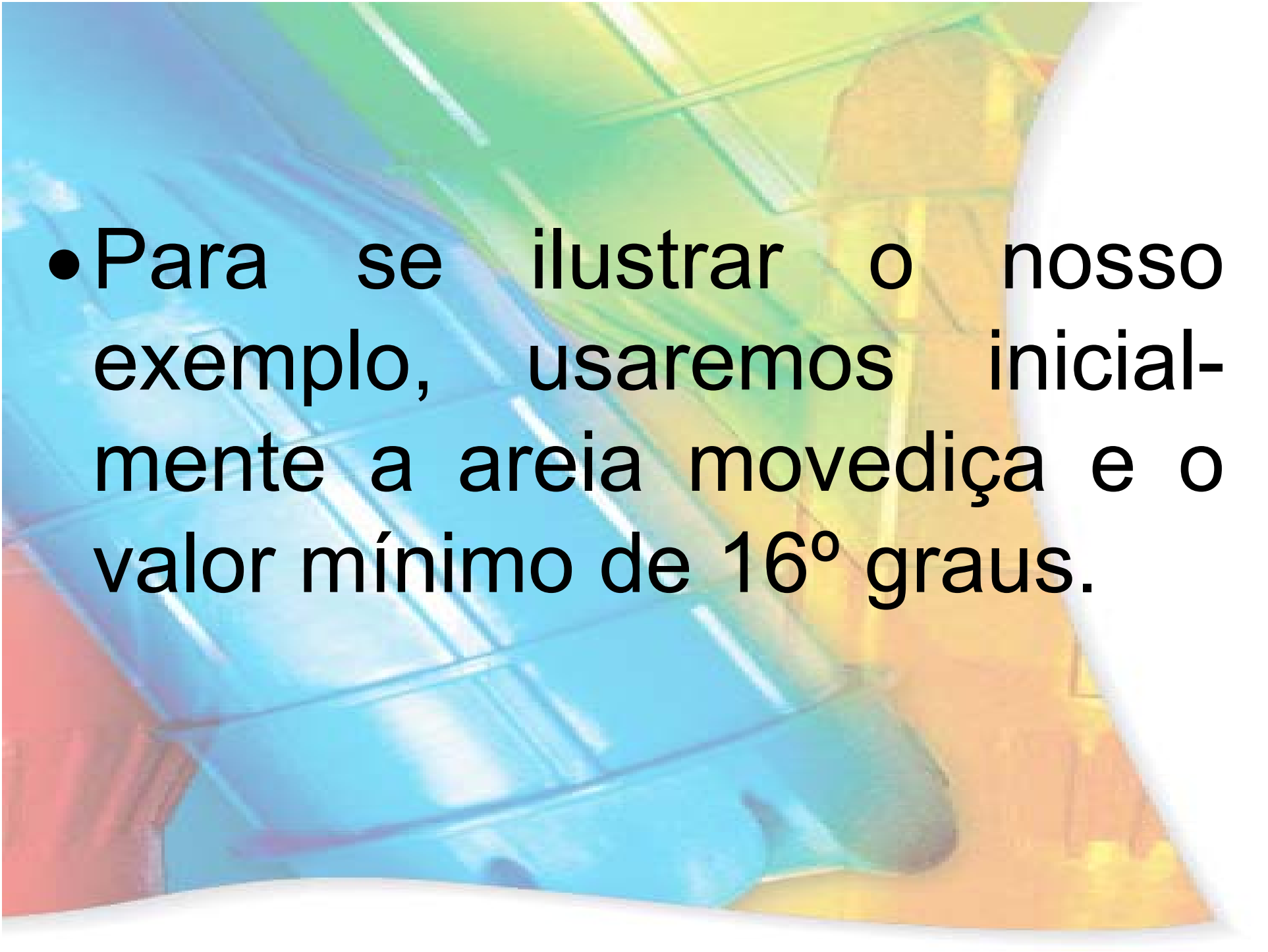
O ângulo
deste cone
está baseado
no grau de
adensamento.

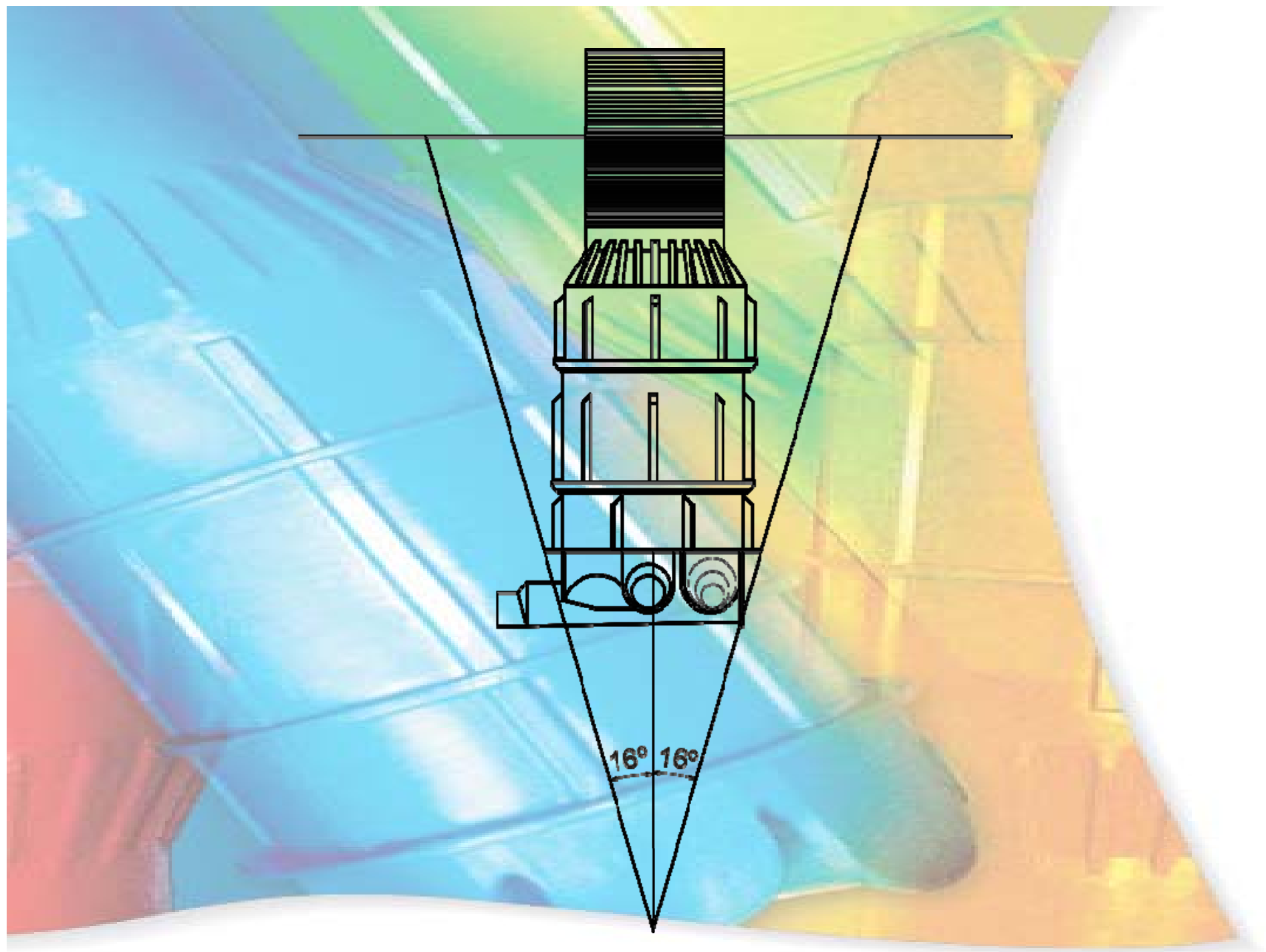


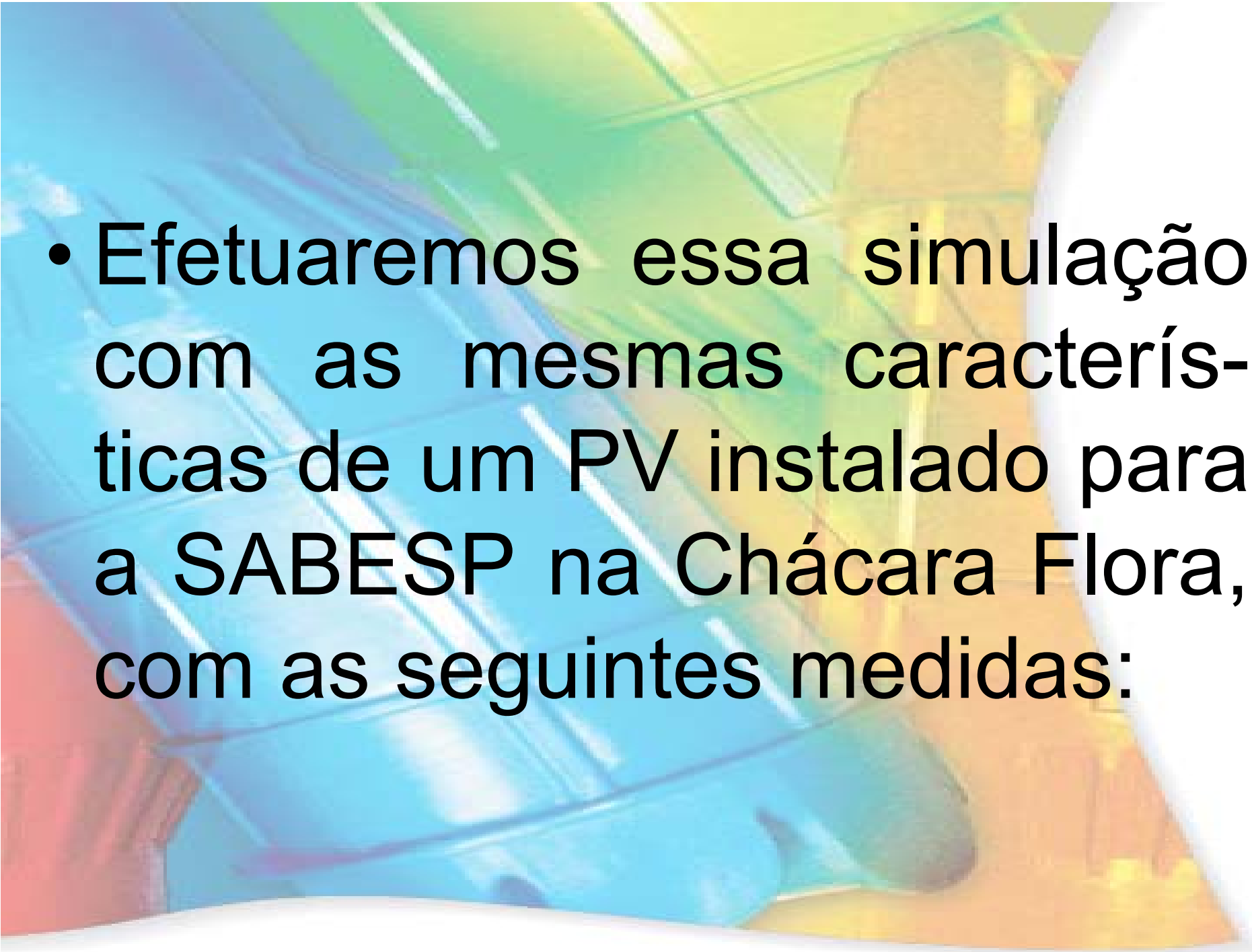
- 
- O menor ângulo que podemos trabalhar com segurança é de 16° (dezesesseis graus), e, que está relacionado a um tipo de solo extremamente líquido, como areia movediça, o que é virtualmente uma situação improvável.

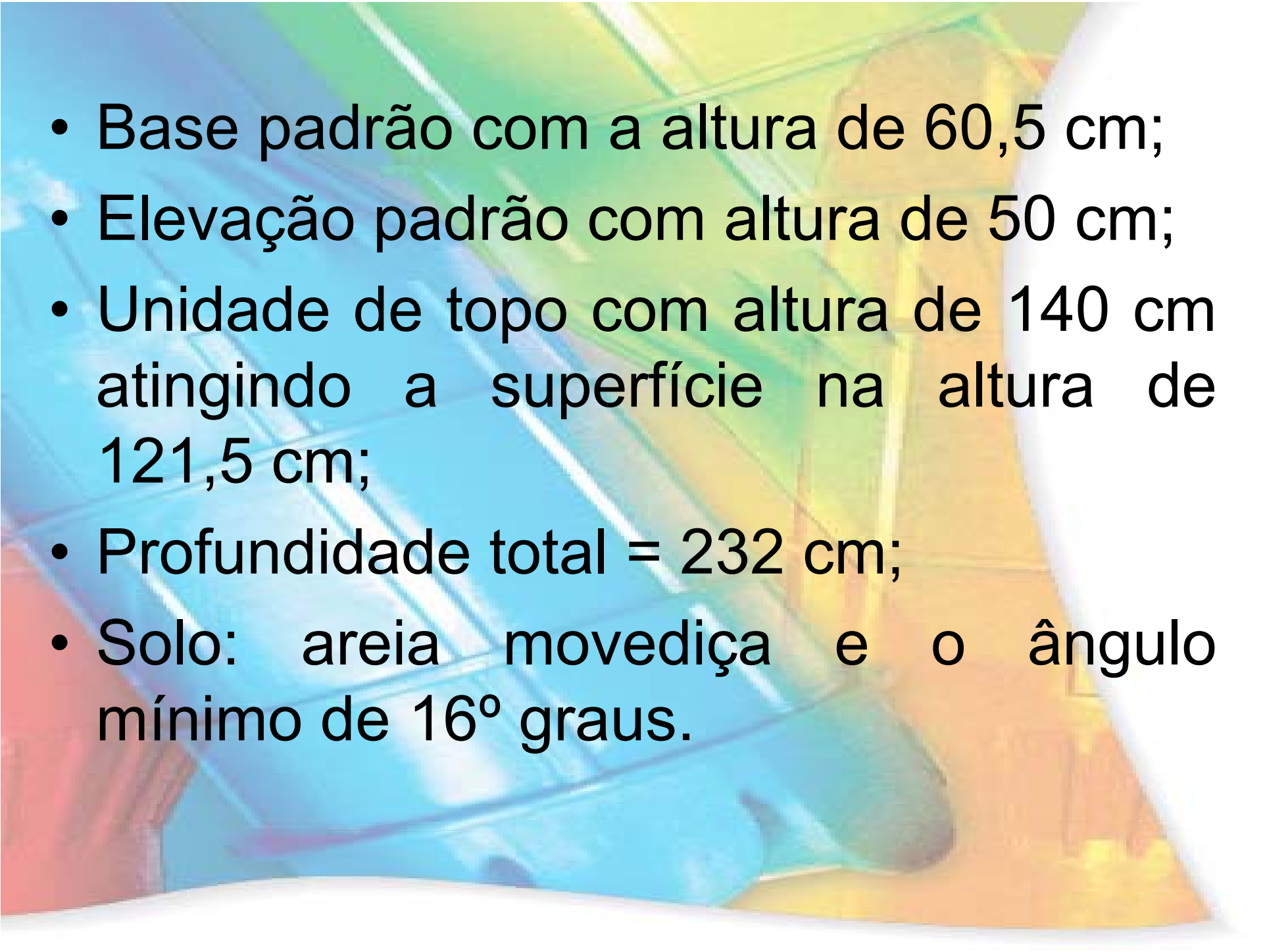


- Exemplo de cálculo

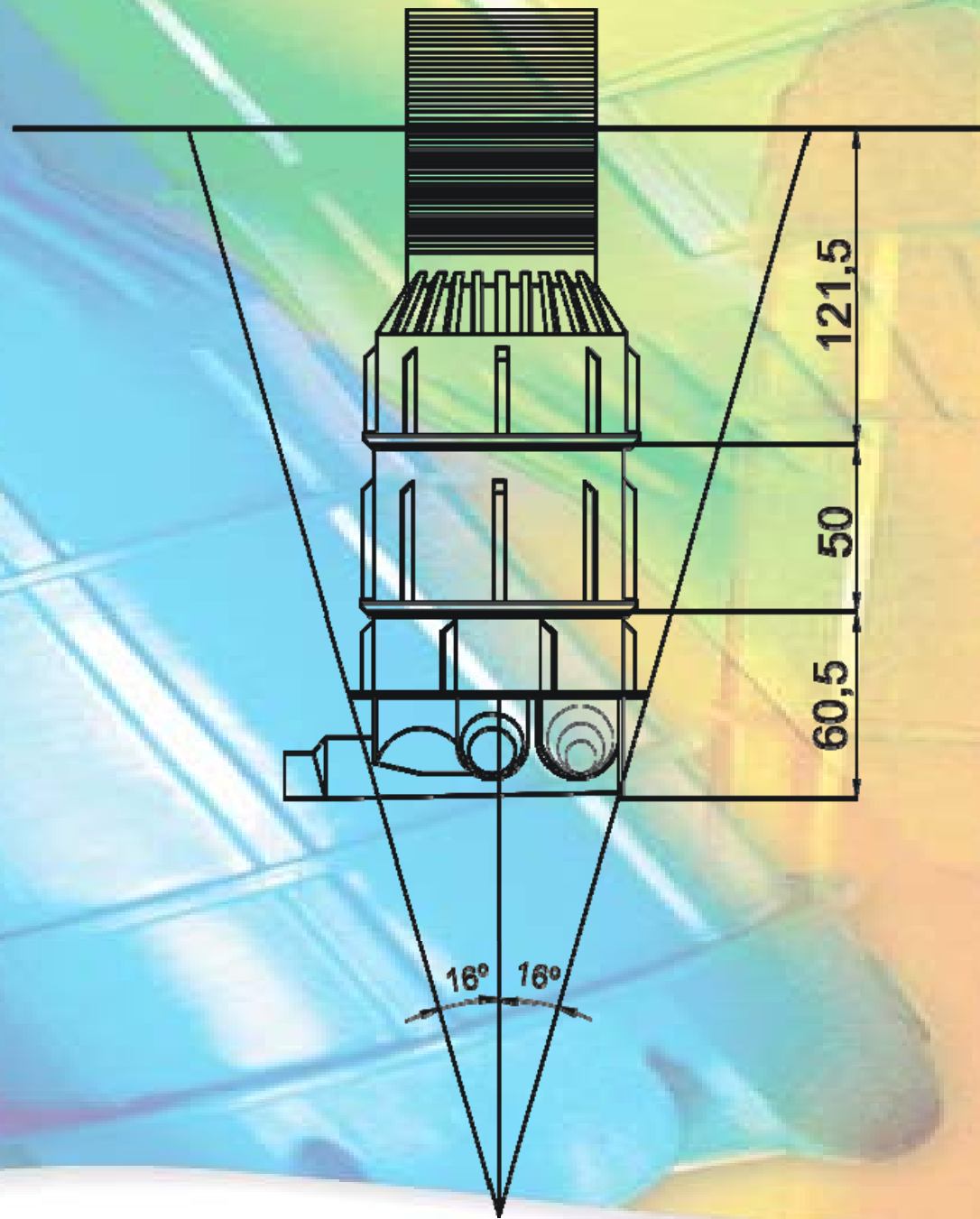
- 
- Para se ilustrar o nosso exemplo, usaremos inicialmente a areia movediça e o valor mínimo de 16° graus.

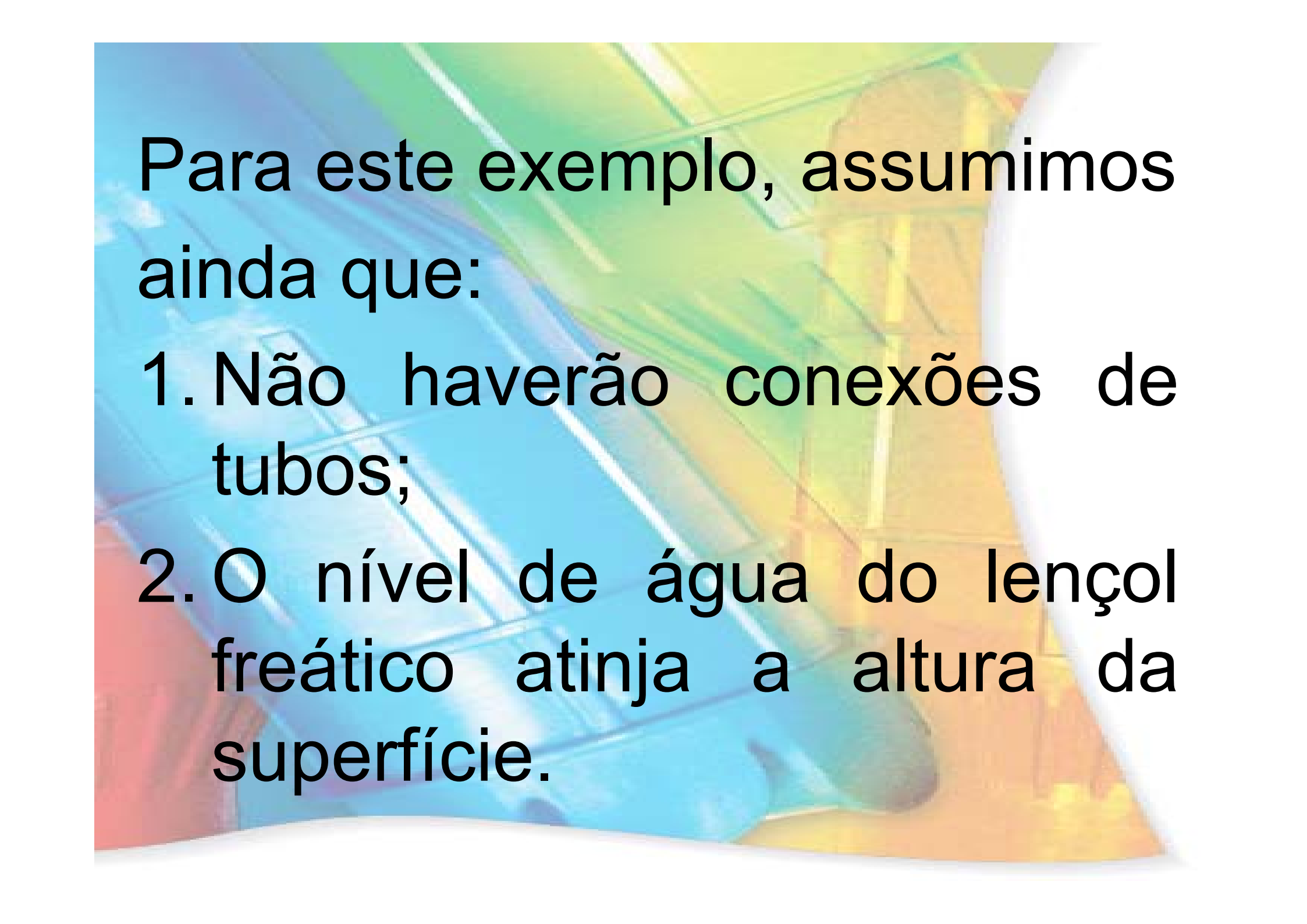


- 
- Efetuaremos essa simulação com as mesmas características de um PV instalado para a SABESP na Chácara Flora, com as seguintes medidas:

- 
- Base padrão com a altura de 60,5 cm;
 - Elevação padrão com altura de 50 cm;
 - Unidade de topo com altura de 140 cm atingindo a superfície na altura de 121,5 cm;
 - Profundidade total = 232 cm;
 - Solo: areia movediça e o ângulo mínimo de 16° graus.

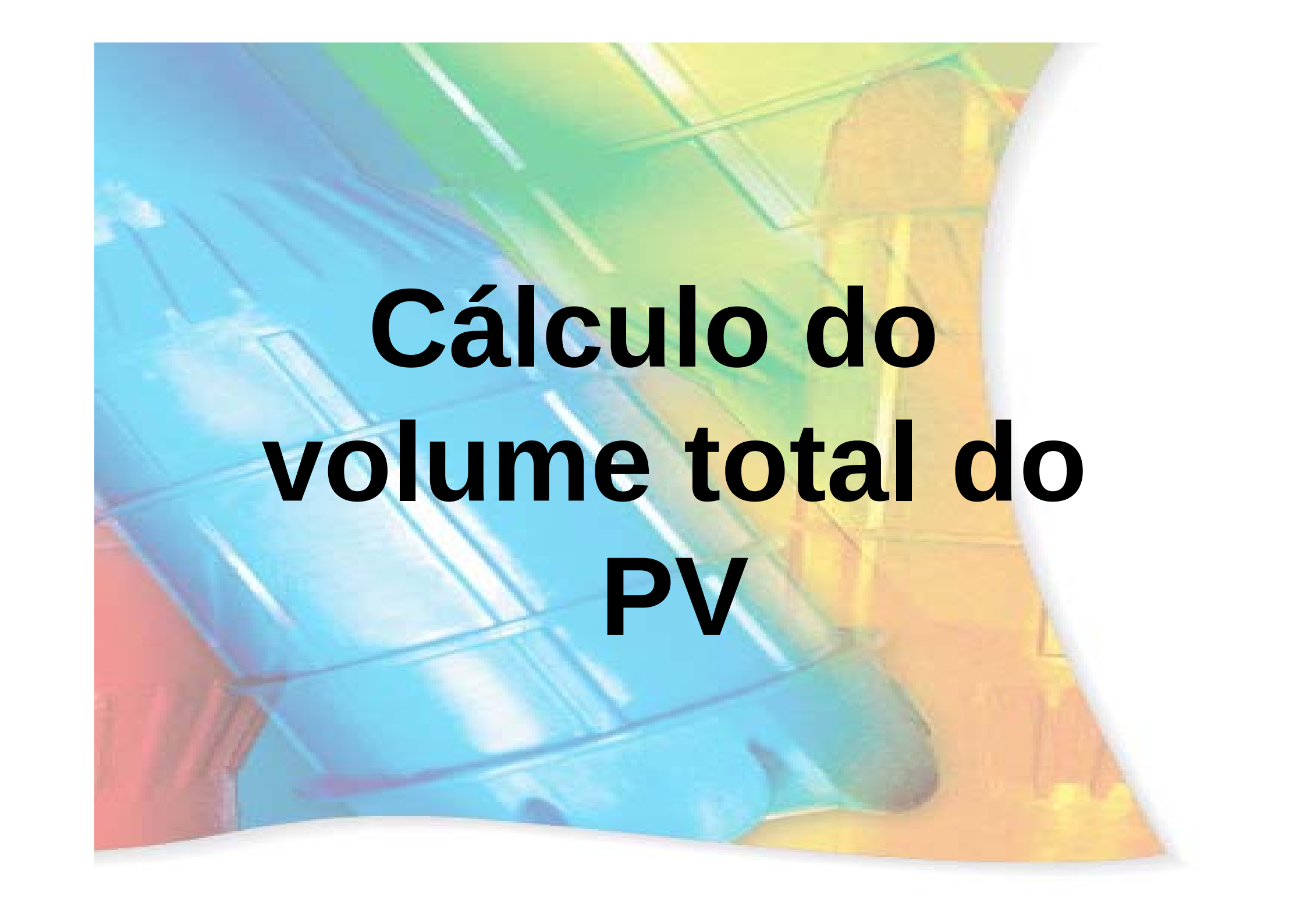






Para este exemplo, assumimos ainda que:

1. Não haverão conexões de tubos;
2. O nível de água do lençol freático atinja a altura da superfície.



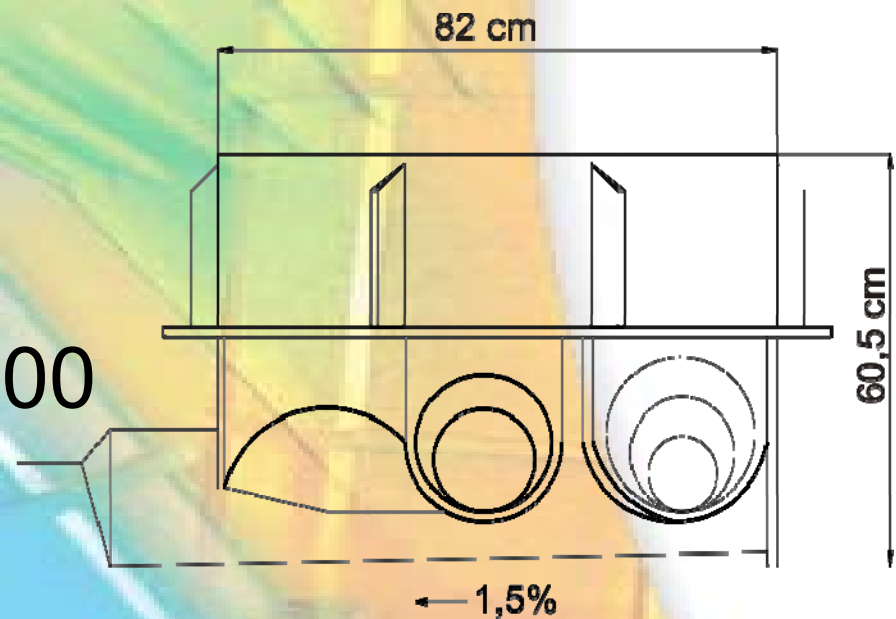
Cálculo do volume total do PV

Volume da base (V_b):

$$V_b = (\pi \times r^2 \times h) / 1000$$

$$V_b = (\pi \times 41^2 \times 60,5) / 1000$$

$$V_b = \mathbf{320 \text{ litros}}$$

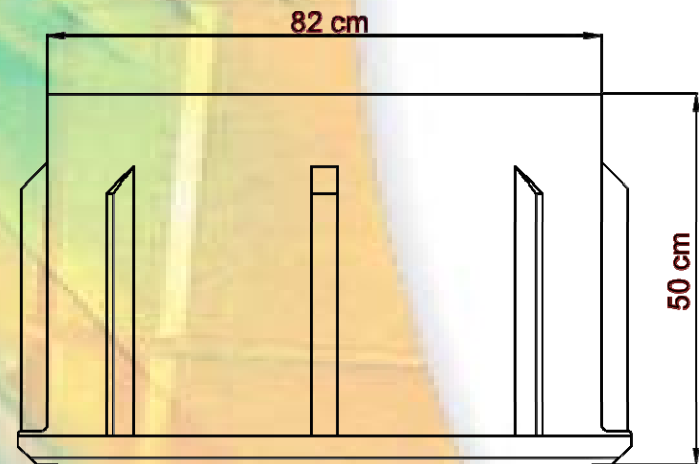


Volume da elevação (V_e):

$$V_e = (\pi \times r^2 \times h) / 1000$$

$$V_e = (\pi \times 41^2 \times 50) / 1000$$

$$V_e = \mathbf{265 \text{ litros}}$$



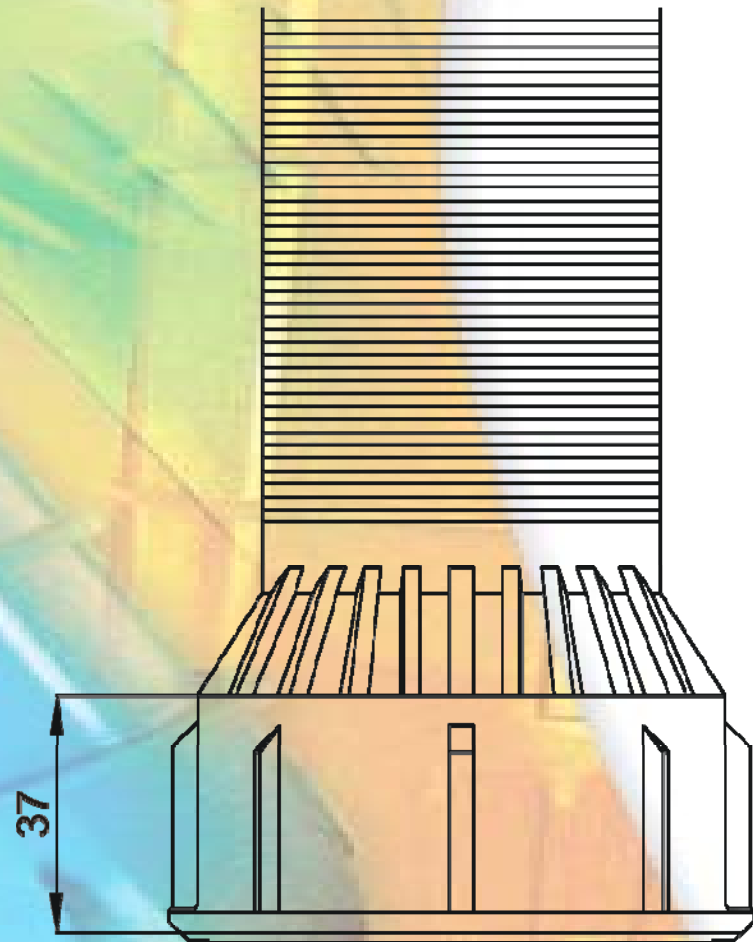
Volume do topo (V_t):

Cilindro inferior (V_{tci}):

$$V_{tci} = (\pi \times r^2 \times h) / 1000$$

$$V_{tci} = (\pi \times 41^2 \times 37) / 1000$$

$$V_{tci} = \mathbf{195 \text{ litros}}$$



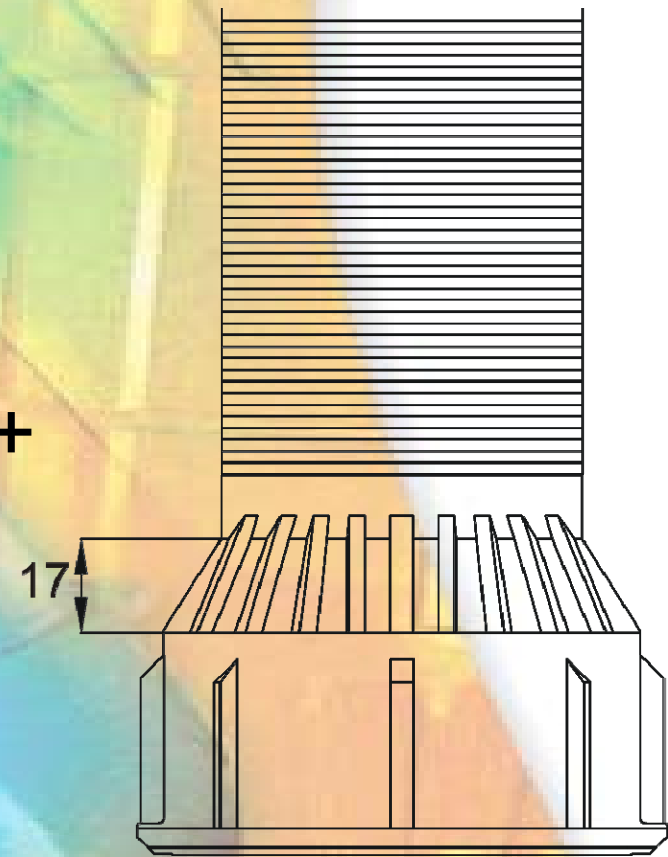
Volume do topo (V_t):

Tronco (V_{tt}):

$$V_{tt} = \left(\frac{1}{3} \times \pi \times h \times (R^2 + (R \times r) + r^2) \right) / 1000$$

$$V_{tt} = \left(\frac{1}{3} \times \pi \times 17 \times (41^2 + (41 \times 31) + 31^2) \right) / 1000$$

$$V_{tt} = 70 \text{ litros}$$



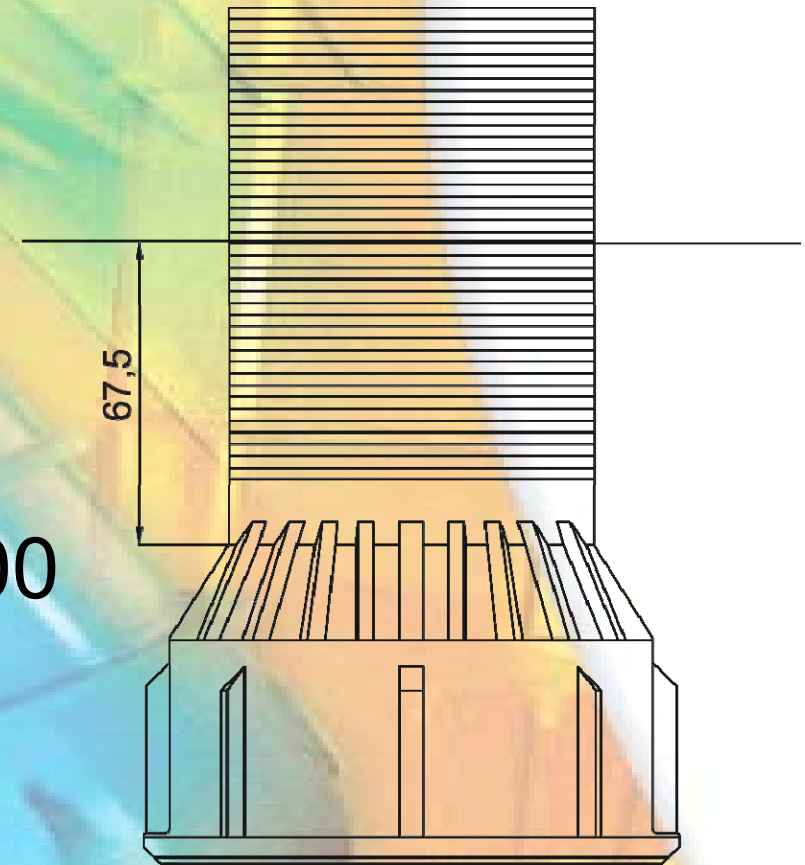
Volume do topo (V_t):

“Pescoço” (V_{tp}):

$$V_{tp} = (\pi \times r^2 \times h) / 1000$$

$$V_{tp} = (\pi \times 31^2 \times 67,5) / 1000$$

$$V_{tp} = \mathbf{205 \text{ litros}}$$



Cálculo do volume do poço de visitas:

$$V = V_b + V_e + V_t$$

$$V = 320 + 265 + (195 + 70 + 205)$$

$$V = 1.055 \text{ litros}$$

Força de flutuação agindo sobre o PV:

$$F_f = 1.055 \text{ Kg}$$



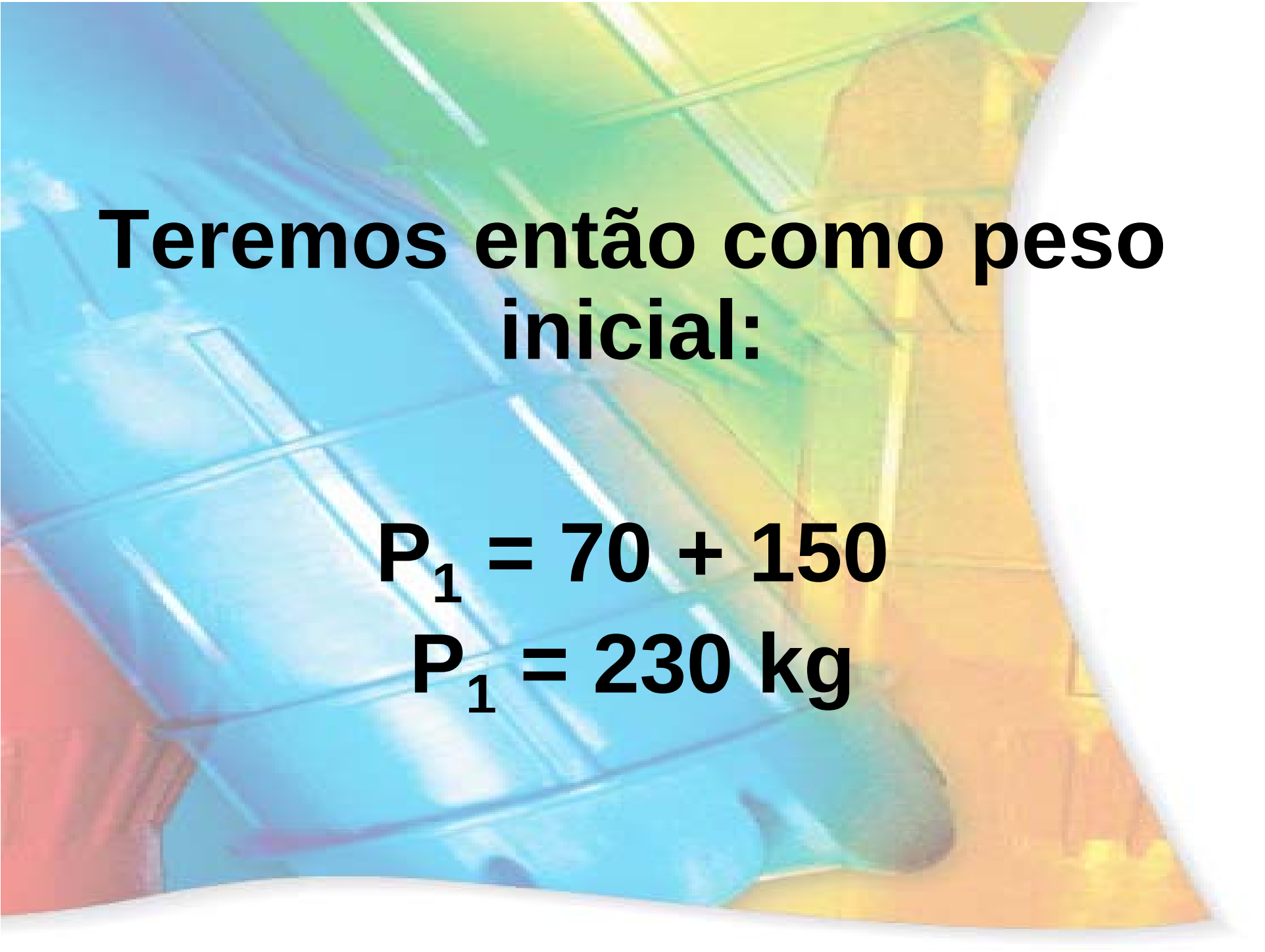
Forças de resistência à força de flutuação

Peso próprio: 70 kg



Peso do tampão e anel de concreto: 150 kg





Teremos então como peso inicial:

$$P_1 = 70 + 150$$

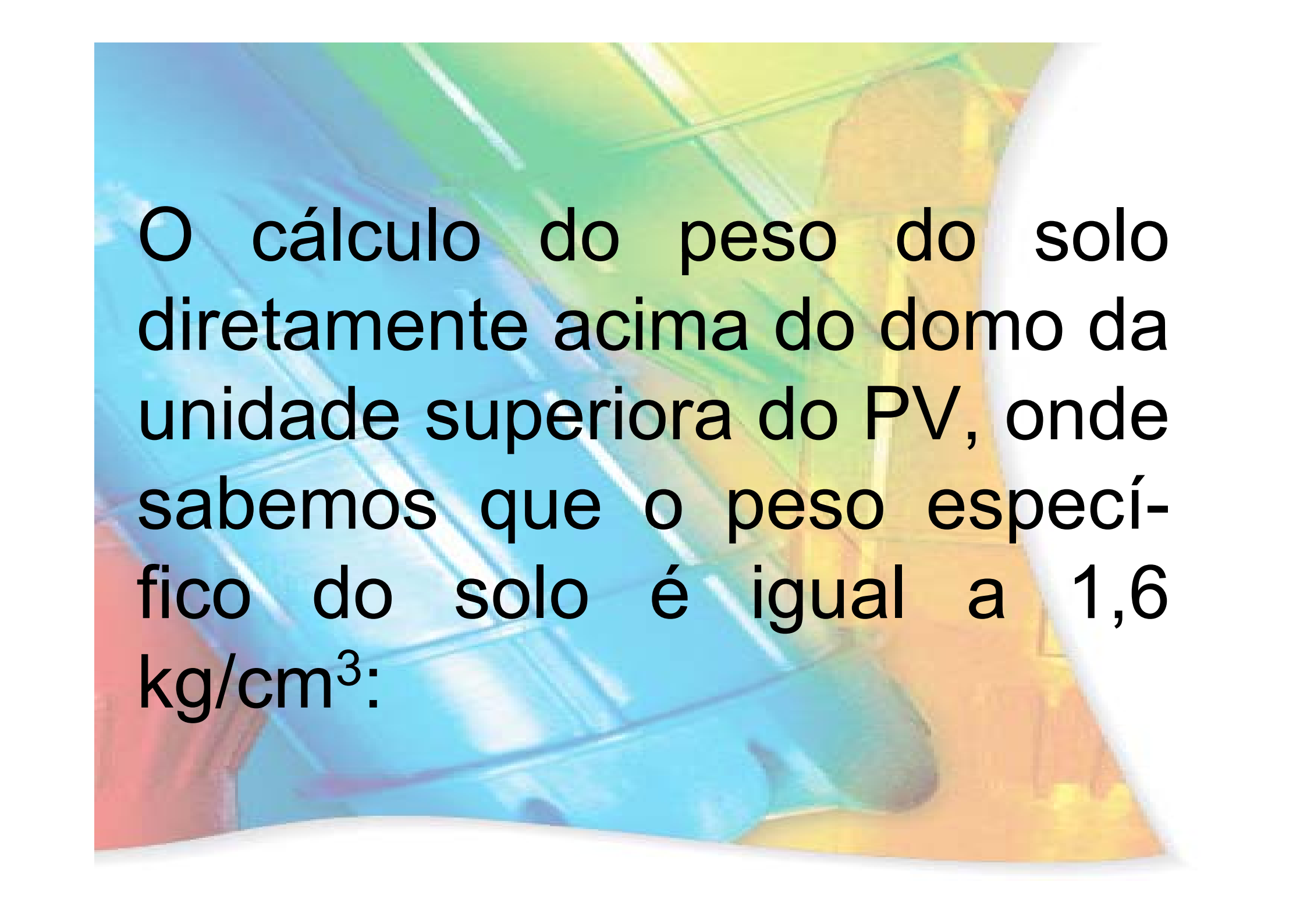
$$P_1 = 230 \text{ kg}$$

A força de cisalhamento e a consequente quebra a ser provocada nos tubos de entradas e saída é de milhares de quilos e como já afirmamos, será ignorada neste exemplo.

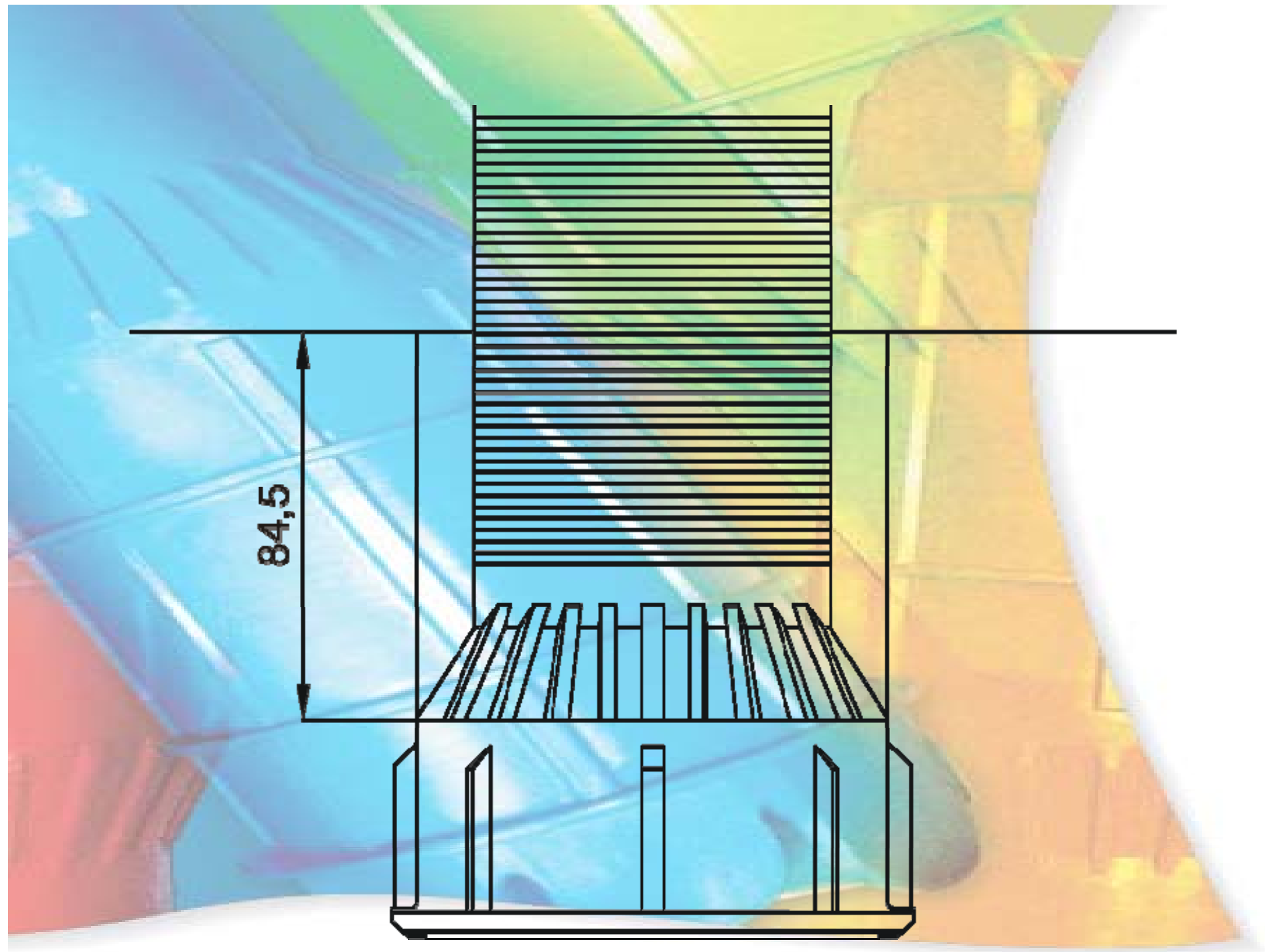


Da mesma forma, a força de resistência entre a areia e o PV, também será ignorada neste exemplo.





O cálculo do peso do solo diretamente acima do domo da unidade superiora do PV, onde sabemos que o peso específico do solo é igual a 1,6 kg/cm³:



Volume do cilindro acima da unidade:

$$V = (\pi \times 41^2 \times 84,5) / 1000 = 446 \text{ litros}$$

Volume da unidade superiora:

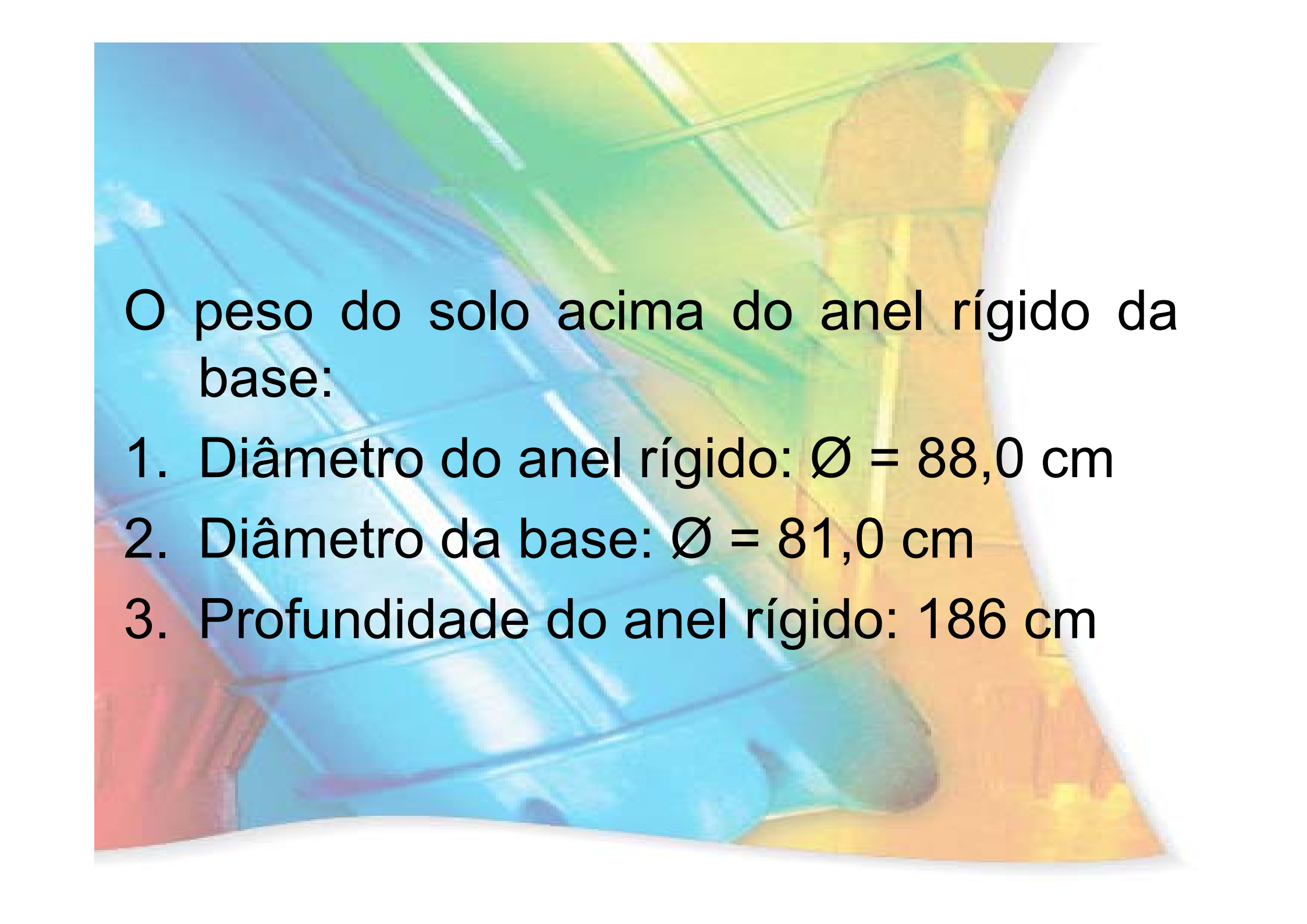
$$V = 70 + 205 = 275 \text{ litros}$$

Volume de solo acima da unidade:

$$V = 446 - 275 = 171 \text{ litros}$$

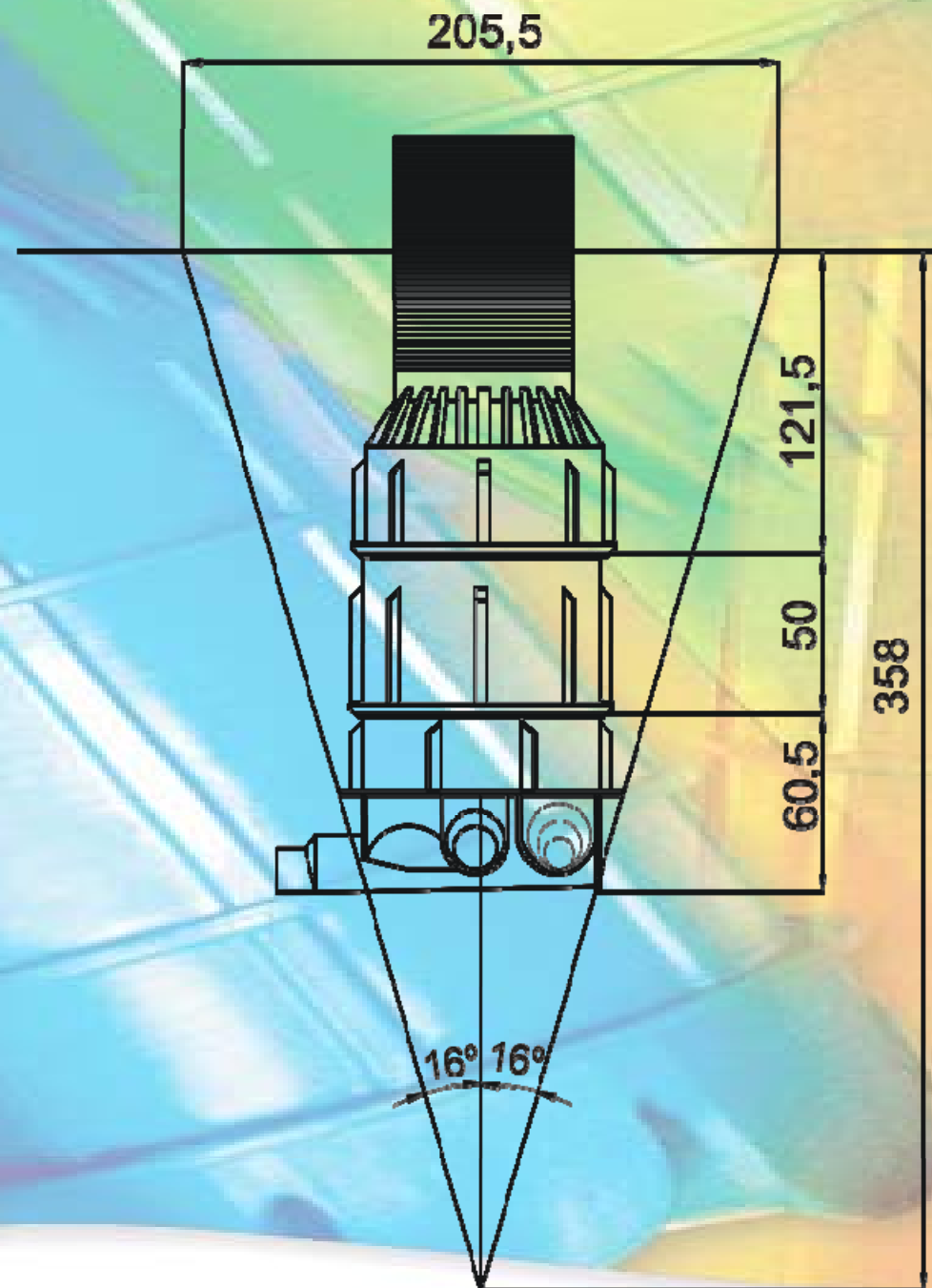
Peso do solo acima do poço de visitas:

$$\mathbf{P_2 = 171 \times 1,6 = 274 \text{ kg}}$$



O peso do solo acima do anel rígido da base:

1. Diâmetro do anel rígido: $\varnothing = 88,0$ cm
2. Diâmetro da base: $\varnothing = 81,0$ cm
3. Profundidade do anel rígido: 186 cm



Volume do cilindro acima do anel rígido da base:

$$V = (\pi \times 44^2 \times 186) / 1000 = \mathbf{1131 \text{ litros}}$$

Volume do cilindro acima da base:

$$V = (\pi \times 40,5^2 \times 186) / 1000 = \mathbf{958 \text{ litros}}$$

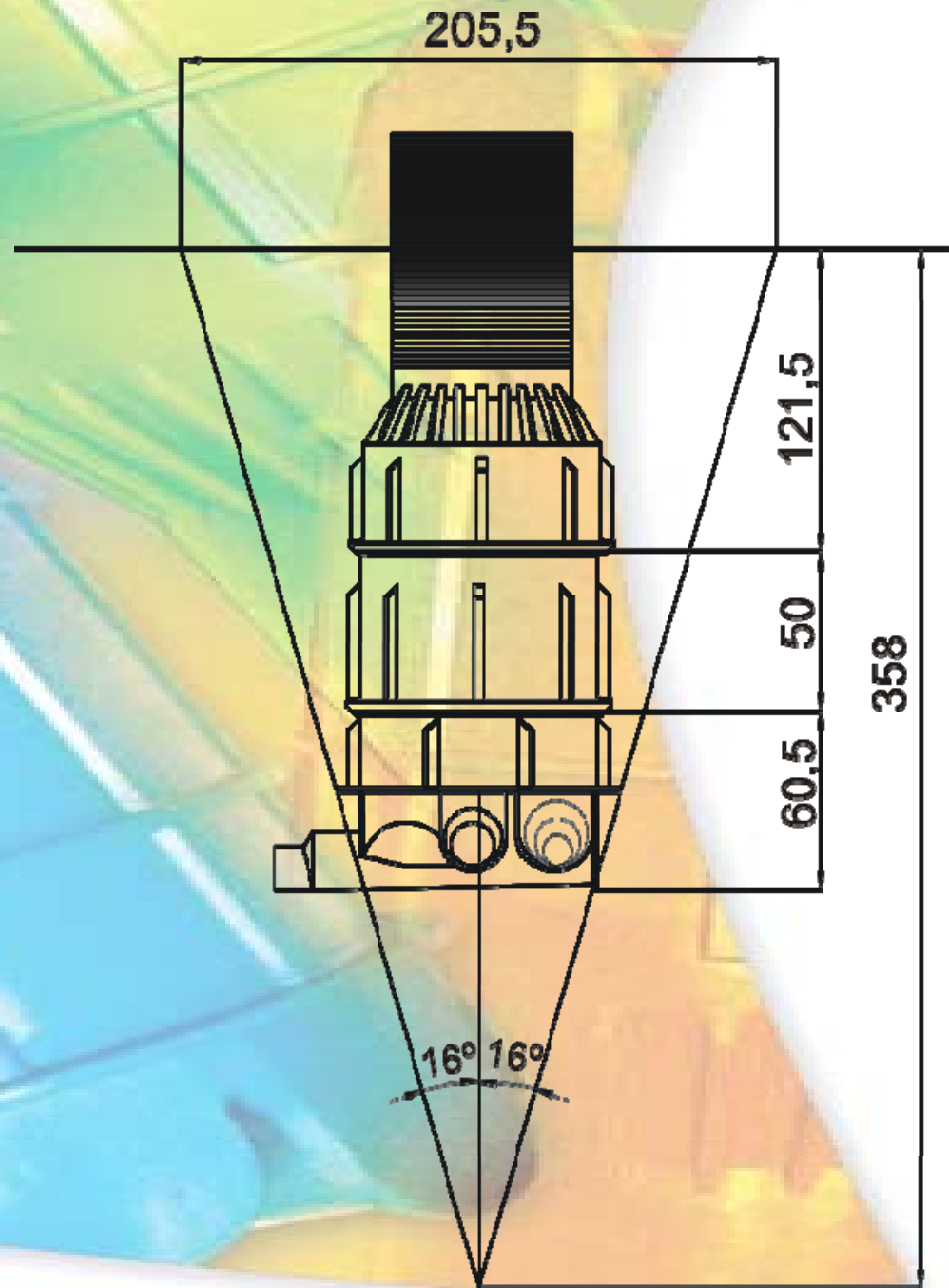
Volume do solo acima do anel rígido da base:

$$V = 1131 - 958 = \mathbf{173 \text{ litros}}$$

Peso do solo acima do anel rígido da base:

$$P_3 = 173 \times 1,6 = \mathbf{277 \text{ kg}}$$

O volume e o peso do solo na secção cônica acima do anel rígido da base, assumindo o ângulo de 16 graus.



- Volume total da secção cônica:

$$V = (\frac{1}{3}\pi \times 102,25^2 \times 358) / 1000 = \mathbf{3.920 \text{ litros}}$$

- Volume da parte inferior abaixo do anel rígido:

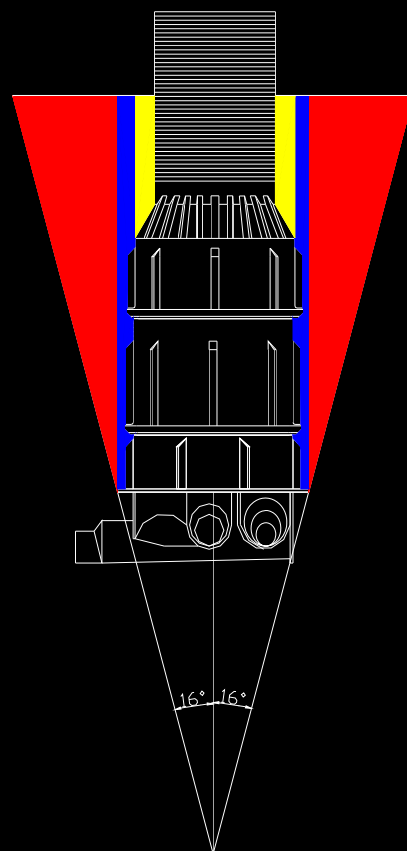
$$V = (\frac{1}{3}\pi \times 44^2 \times 157) / 1000 = \mathbf{318 \text{ litros}}$$

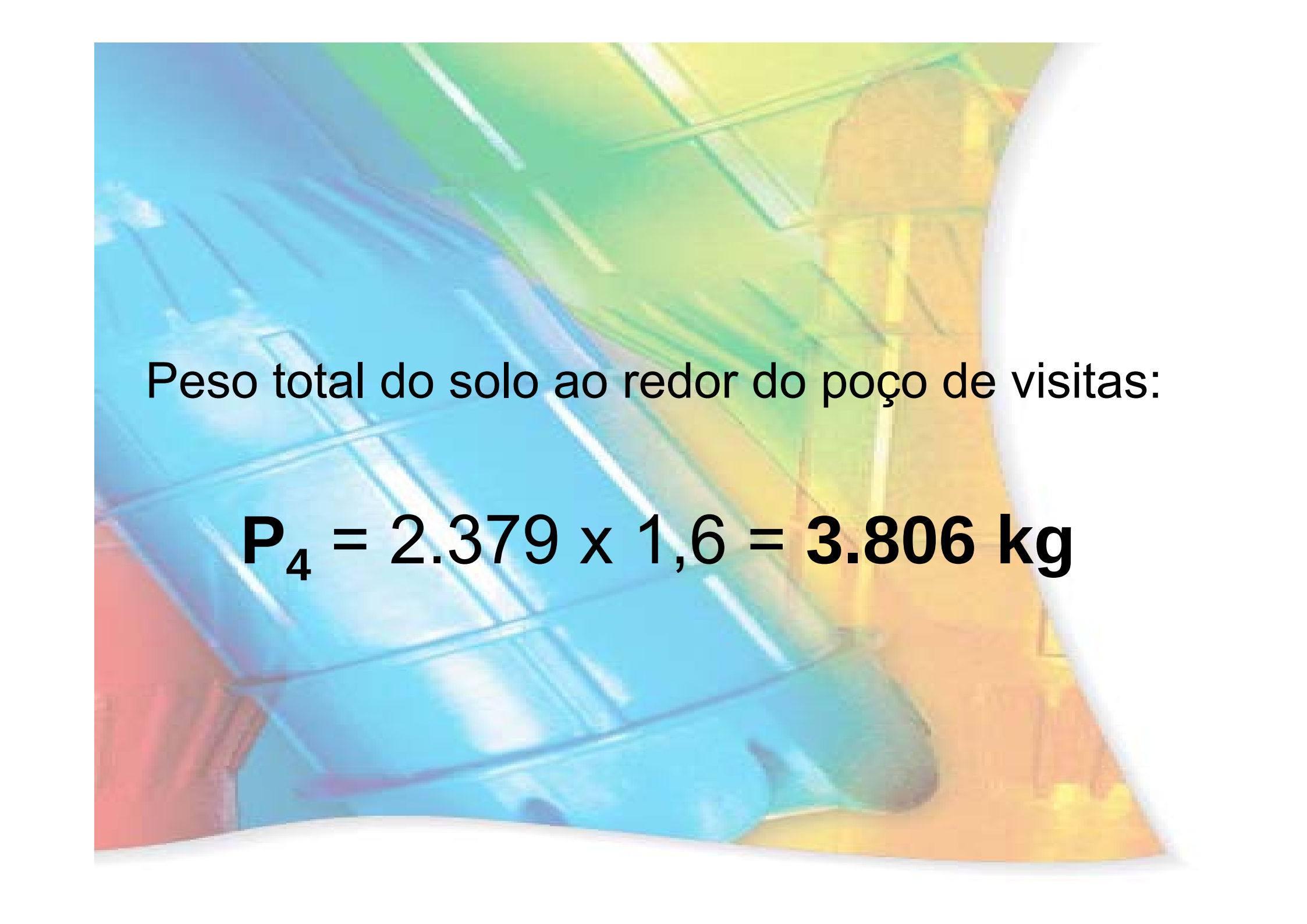
- Volume do cilindro acima do anel rígido da base:

$$V = (\pi \times 44^2 \times 201) / 1000 = \mathbf{1.223 \text{ litros}}$$

- Volume total do solo ao redor do poço de visitas:

$$V = 3.920 - 318 - 1.223 = \mathbf{2.379 \text{ litros}}$$



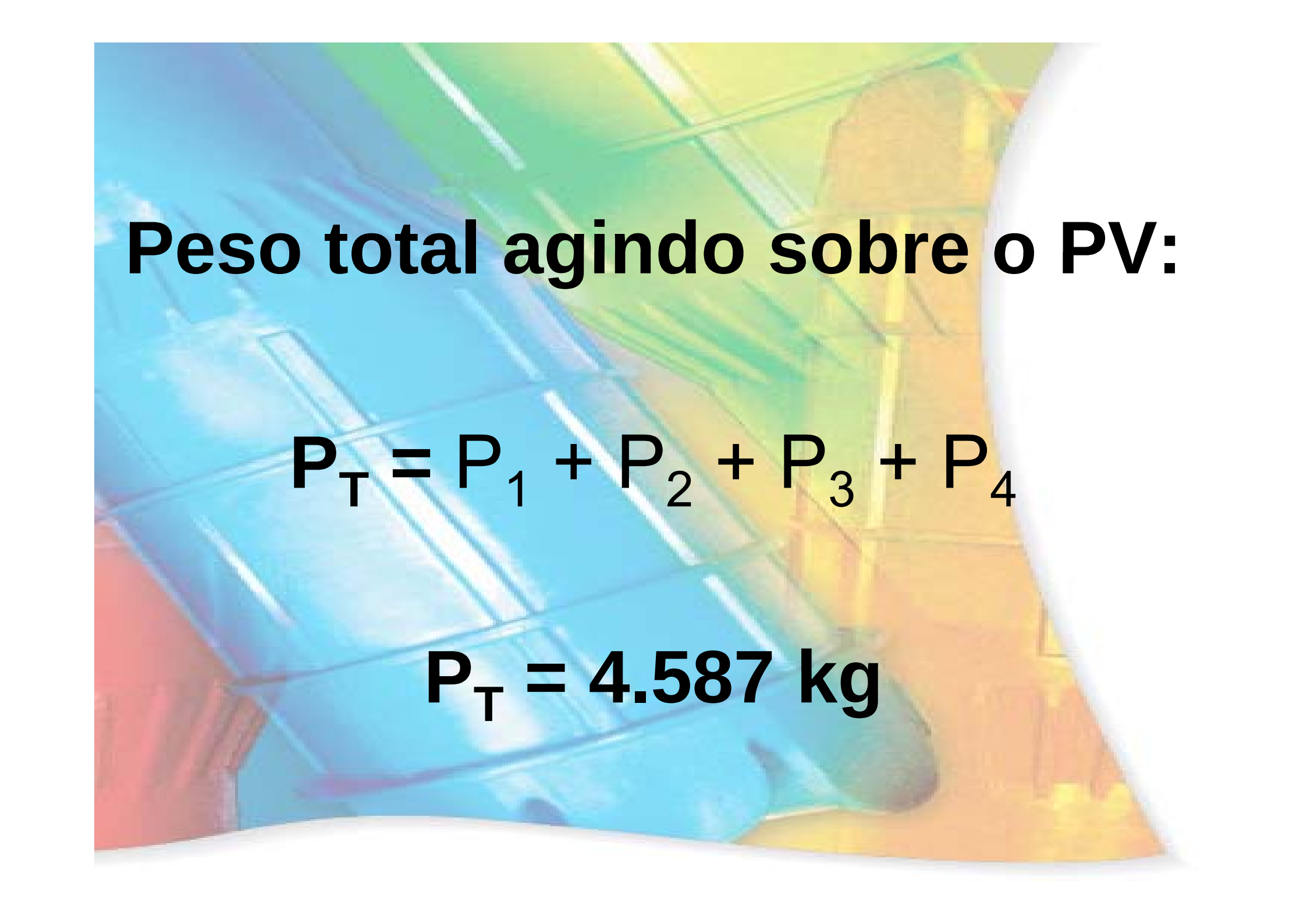


Peso total do solo ao redor do poço de visitas:

$$\mathbf{P_4 = 2.379 \times 1,6 = 3.806 \text{ kg}}$$

FORÇA TOTAL DE RESISTENCIA À FLUTUAÇÃO

1. Peso do poço de visitas e tampão:
 $P_1 = 230 \text{ kg}$
2. Peso do solo diretamente acima do poço de visitas:
 $P_2 = 274 \text{ kg}$
3. Peso do solo diretamente acima do anel rígido:
 $P_3 = 277 \text{ kg}$
4. Peso do solo na secção cônica:
 $P_4 = 3.806 \text{ kg}$



Peso total agindo sobre o PV:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

$$P_T = 4.587 \text{ kg}$$

Relação entre as forças de resistência à flutuação e a força de flutuação:

$$P_T / F_f = 4.587 / 1.055$$

$$P_T / F_f = 4,35$$

Ou seja, a **força de resistência à flutuação é 4,35 vezes superior** à força de flutuação.

CONCLUSÃO

Conforme pudemos comprovar, a força total de resistência à flutuação ultrapassa em muito à força de flutuação presente mesmo em solos extremamente complicados.