



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Author's Name

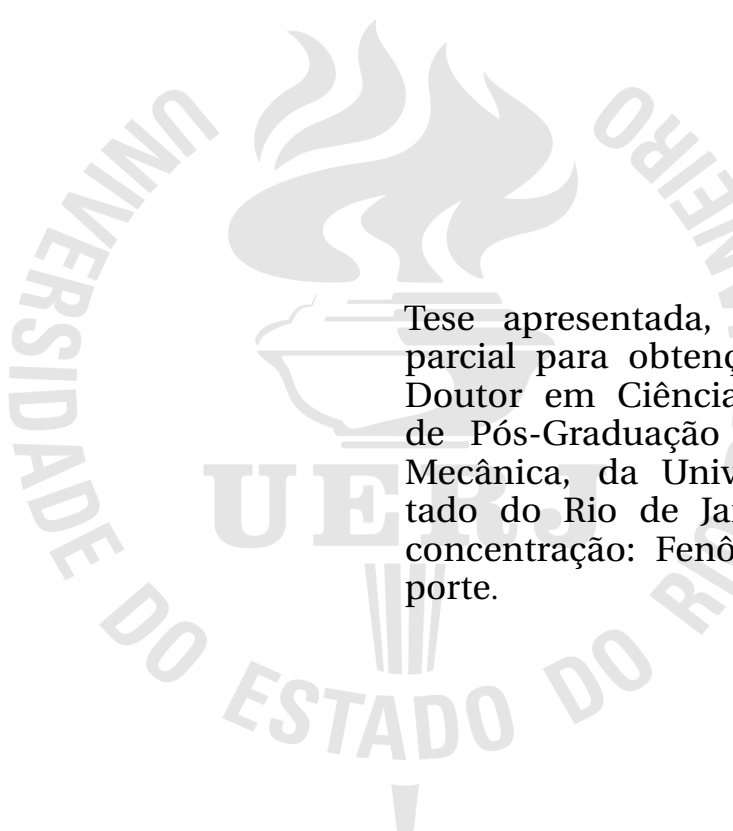
**Title Name**

Rio de Janeiro

2016

Author's name

## Title



Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Fenômenos de Transporte.

Advisor: Prof. Ph.D. Foolan dy Tow

Rio de Janeiro

2016

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

O48

Surname, Author Name.

Thesis title / Author name. – 2016.

xx f.

Orientador: Foolan dy Tow.

Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro,  
Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia Mecânica. 2. Mecânica dos fluidos – Teses. 3. Es-  
coamento bifásico – Teses. 4. Método dos elementos finitos – Teses.  
I. Tow, Foolan dy. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.  
III. Título.

CDU 532

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta  
dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Author's name

**Title**

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Fenômenos de Transporte.

Aprovado em: 25 de dezembro de 2016

Banca Examinadora:

---

Prof. Ph.D. Foolan dy Tow (Orientador)  
Faculdade de Engenharia - UERJ

---

Prof. D.Sc. Cyclanus doo Mal  
Instituto de Matemática e Estatística - UERJ

---

Prof. D.Sc. Methanus du Cow (Co-orientador)  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. D.Sc. Butan of Gal  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof. D.Sc. Delenis Tronxius Arymadius  
Universidade Federal Fluminense

Rio de Janeiro

2016

## **DEDICATION**

I dedicate this thesis to my garden's lily, natural beauty, spring of my inspiration. To you,  
wholeheartedly.

## **ACKNOWLEDGMENTS**

To Jeremiah, my father...

To Elza, my mother...

To Mikhailov, my cousin...

To Dodonga, my puppy...

In the midst of chaos, there is also opportunity.

*Sun Tzu, The Art of War*

## RESUMO

**SURNAME**, Name *Title*. NS f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, 2015.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Palavras-chave: keyword1; keyword2; keyword3; keyword4.



## ABSTRACT

**SURNAME**, Name *Title*. NS f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, 2015.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Keywords: keyword1; keyword2; keyword3; keyword4.

**LIST OF FIGURES**

Figure 1    Images from internet sites exemplifying physical conditions in which JICF  
              configurations are detected ..... 19

**LIST OF TABLES**

Table 1      Physical parameters of the Taylor vortex flow. .... 22

## LIST OF SYMBOLS

### Acronyms

ALE Arbitrary Lagrangian-Eulerian

CK Chemical Kinetics

CVP Counter-Rotating Vortex Pair

DBC Dirichlet Boundary Conditions

DJICF Drop Jet in Crossflow

DOFs Degrees of Freedom

FFR Fixed Frame Reference

FFT Fast Fourier Transform

LS Level-Set

PBC Periodic Boundary Conditions

RT Rayleigh-Taylor

VOF Volume of Fluid

### Greek letters

$\alpha$  backward displacement vector

$\delta$   $\delta$  function

$\delta_\zeta$  distribution over an interface

$\iota$  cardinality of nodes

$\Omega$  domain

$\omega$  frequency

$\phi$  arbitrary scalar quantity

$\Psi$  mass concentration

$\psi$  flatness ratio

$\rho$  density

$\tau$  time

$\phi$  elongation ratio

$\varpi$  circulation

### **Roman letters**

$A$  area

$a$  wave amplitude, or peak

$B$  body

$F$  abstract source vector of fluid variables

$X$  particle pathline

$\mathbf{c}$  relative velocity between the fluid and the mesh

$F$  face of element

$f$  frequency

$\mathbf{F}$  tensor, or force

$g$  gravity

$H$  Heaviside function

$\mathbf{h}$  Heaviside function discrete vector

$p$  hydrostatic pressure

$u$  arbitrary function

$w$  arbitrary weight function

### **Superscripts**

- $(\cdot)^1$  dispersed phase
- $(\cdot)^2$  continuous phase
- $(\cdot)^\#$  intermediary, or provisional
- $(\cdot)^r$  integration order
- $(\cdot)^\sigma$  relative to surface tension

### **Subscripts**

- $(\cdot)_1$  arbitrary index, or relative to dispersed phase
- $(\cdot)_2$  arbitrary index, or relative to continuous phase
- $(\cdot)_A$  relative to area
- $(\cdot)_c$  relative to center of mass, or centroid
- $(\cdot)_{corr}$  correction
- $(\cdot)_{crit}$  critical
- $(\cdot)_D$  Dirichlet
- $(\cdot)_e$  element, or elementary
- $(\cdot)_\#$  provisional
- $(\cdot)_\lambda$  relative to jet-to-crossflow velocity ratio
- $(\cdot)_{mov}$  moving
- $(\cdot)_{NS}$  relative to Navier-Stokes
- $(\cdot)_\partial$  relative to boundary
- $(\cdot)_\Psi$  relative to mass concentration
- $(\cdot)_\psi$  relative to flatness
- $(\cdot)_{ref}$  reference
- $(\cdot)_{rel}$  relative

$(\cdot)_\rho$  relative to phase

## Symbols

$A_{\mathcal{T}}^{max}$  number of tetrahedra of maximum quality

$*$  interelement Neumann contributions

$Ca$  Capillary number

$\mathcal{H}$  Sobolev space

$\mathcal{L}$  Lebesgue space

$\mathcal{N}$  set of the vectors normal to a body's surface

$\mathcal{Q}$  space of trial functions for pressure

$\mathcal{S}$  space of trial functions for velocity

$\mathcal{X}$  set of the points on a body's surface

$\cdot$  inner product

$:$  tensor inner product

$dA$  infinitesimal area

$\delta_{\cdot,\cdot}$  Kronecker's delta

$\Delta t$  discrete time step

$\delta t$  infinitesimal time

$\Delta \tau$  continuous time interval

$\dim$  dimension

$dl$  infinitesimal line

$\frac{D}{D\tau}$  material derivative operator

$\frac{D}{Dt}$  material derivative operator

$\doteq$	“equivalent by input argument to”
$dV$	infinitesimal volume
$Eu$	Euler number
$\Im$	imaginary part of a complex number
$(\cdot, \cdot)$	inner product, or bilinear form, or ordered pair
$\rightsquigarrow$	“is associated to”
$\mathcal{J}_{(T)}$	radius ratio quality measure of $T$
$\mathcal{T}_h$	tessellation, or triangulation, or tetrahedralization
$\mathring{\Omega}$	interior of $\Omega$
$L$	differential operator
$P, Q$	projection operators
$R$	fixed reference frame
$\nabla$	gradient operator
$Oh$	Ohnesorge number
$\oplus$	direct sum
$\otimes$	tensor product
$\partial$	partial derivative, or boundary
$Pe$	Péclet number
$\mathcal{O}_{\%}$	mesh quality percentage at a fixed time
$R_1, R_2$	principal radii of curvatures
$\Re$	real part of a complex number
$Re$	Reynolds number
$Sc$	Schmidt number



$\mathcal{T}_h^\Gamma$	discrete surface mesh
$\mathcal{T}_h^\Omega$	discrete volume mesh
$\vee$	logical XOR (exclusive “or”)

## CONTENTS

	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>17</b>
<b>1</b>	<b>CHAPTER NAME.....</b>	<b>18</b>
1.1	<b>Section name format .....</b>	<b>18</b>
1.2	<b>Section name .....</b>	<b>20</b>
1.3	<b>Citations .....</b>	<b>20</b>
<b>2</b>	<b>CHAPTER NAME 2 .....</b>	<b>21</b>
2.1	<b>Section name .....</b>	<b>21</b>
2.1.1	<u>Subsection name</u> .....	21
2.2	<b>Equations .....</b>	<b>23</b>
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>24</b>
	<b>APPENDIX A - VITA .....</b>	<b>25</b>
	<b>REFERENCES .....</b>	<b>26</b>

## **INTRODUCTION**

Happiness is difficult to be defined. However, it can be inferred by experience that the mankind seeks for a welfare which is ruled by this word. Since long time ago, many people living on Earth have been brooding over an ideal way to have good days. In this thesis, some features that lead to happiness are investigated with basis on the experience of Logophorus of Klektos while he had wandered on the edge between the pleasurable and the squalid lifestyle.

## 1 CHAPTER NAME

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

### 1.1 Section name format

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas.



Figure 1: Images from internet sites exemplifying physical conditions in which JICF configurations are detected: (a) an AV-8B Harrier aircraft during vertical taking-off process; (b) atomization of an aircraft engine liquid fuel jet in a crossflow.

Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt

ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

## 1.2 Section name

Under the motivational aspects previously reviewed, this thesis:

- do A
- do B and
- do C

## 1.3 Citations

Special contents about JICF are found in Karagozian, Cortelezzi and Soldati [1] and Mahesh [2].

## 2 CHAPTER NAME 2

### 2.1 Section name

#### 2.1.1 Subsection name

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

$$v_r(t) = 0 \quad (2.1a)$$

$$v_\theta(t) = \omega r \exp\left(-\frac{r^2}{4r_c Re^{-1}} t\right) \quad (2.1b)$$

$$v_z(t) = 0 \quad (2.1c)$$

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam

Parameter	Value
$r_c$	$L_{ref}/30$
$U_{ref}$	1
$\omega$	1
$Re$	35
$Sc$	650
$\Delta t$	0.1

Table 1: Physical parameters of the Taylor vortex flow.

tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.



## 2.2 Equations

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

$$Eu_{\beta} = \frac{\beta_0}{\rho^2 g_{ref}}, \lambda = \frac{L_P}{D_b}. \quad (2.2)$$

## CONCLUSION

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Some directions for future work are the following:

- A
- B
- C

To conclude, be happy because you will get on there!

## APPENDIX A - VITA

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## REFERENCES

- [1] KARAGOZIAN, A.; CORTELEZZI, L.; SOLDATI, A. *Manipulation and Control of Jets in Crossflow*. USA: Springer, 2003.
- [2] MAHESH, K. The interaction of jets with crossflow. *Annual Review of Fluid Mechanics*, Annual Reviews, v. 45, p. 379–407, 2013.