



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
FITOPATOLOGIA**

Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE - Brasil
Fone: (81) 3320.6205 / E-mail: coordenacao.pgfitopat@ufrpe.br
Site: <http://ww2.ppgf.ufrpe.br>



ESTRATÉGIAS GENÉTICAS E BIOTECNOLÓGICAS PARA RESISTÊNCIA DE PLANTAS A PATÓGENOS

I – IDENTIFICAÇÃO

Disciplina: Estratégias genéticas e biotecnológicas para resistência de plantas a patógenos

Código: PPGF7344

Carga Horária: 60 horas

Teórica: 45 horas

Prática: 15 horas

Número de Créditos: 4

Caráter: Optativa (Mestrado e Doutorado)

Pré-requisito: Não há

Prof. Responsável: Leonardo Silva Boiteux

Professores Convidados: Maria Esther de Noronha Fonseca & Ailton Reis

II - EMENTA

Aspectos históricos do melhoramento genético de plantas para resistência a patógenos; Uso adequado de termos associados com o estudo da resistência genética de plantas a patógenos & vetores; Base Mendeliana da herança; Genética da interação entre patógeno–hospedeiro; Modelos co-evolução planta-patógeno; Genética & variabilidade dos fitopatógenos – Implicação no melhoramento de plantas para resistência às doenças: (1) fungos; (2) bactérias; (3) nematoides e (4) vírus & viroides; Mecanismos evolucionários: base teórica & análise evolutiva da planta hospedeira & de seus patógenos; Estudos de herança da resistência; Teoria gene-a-gene; O tetraedro produtor – planta – patógeno – ambiente: Efeitos na expressão da resistência; Base teórica do melhoramento para resistência a doenças; Pré-melhoramento e estabelecimento de sistemas de seleção de plantas resistentes; Base epidemiológica da resistência; Fitopatometria; Resistência do tipo redutora da taxa de progresso da doença; Métodos de melhoramento empregados para resistência às doenças; Bases para o estabelecimento de um programa de melhoramento genético para resistência a doenças; Métodos de diagnose de patógenos e sua utilização em sistemas de identificação de plantas resistentes; Meiose, *linkage*, *crossing-over* & desenvolvimento de mapas genéticos; Marcadores genéticos & moleculares: teoria & implementação de sistemas de seleção assistida; Aspectos práticos do melhoramento genético para resistência a doenças; Genes de resistência (R genes): estratégias para o isolamento e clonagem; Características estruturais e tipos de R genes; Resistência derivada da perda (mutação) de genes/fatores de suscetibilidade. Contribuições da Biologia Celular e da Genômica no melhoramento genético para resistência às doenças.

GRADUATE PROGRAM IN PHYTOPATHOLOGY FEDERAL RURAL UNIVERSITY OF PERNAMBUCO

Recife, PE - Brazil

Phone: +55 81 3320.6205 / E-mail: coordenacao.pgfitopat@ufrpe.br / Site: <http://ww2.ppgf.ufrpe.br>



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
FITOPATOLOGIA**

Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE - Brasil
Fone: (81) 3320.6205 / E-mail: coordenacao.pgfitopat@ufrpe.br
Site: <http://ww2.ppgf.ufrpe.br>



III - CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

CONTEÚDO TEÓRICO

Unidade 01 – Importância do melhoramento genético vegetal & aspectos históricos do melhoramento de plantas para resistência. Uso adequado de termos associados com o estudo da resistência genética de plantas a patógenos & vetores.

Unidade 02 – Base Mendeliana da Herança. Noções de probabilidade e estatística para estudos genéticos.

Unidade 03 – Genética & variabilidade dos fitopatógenos – Implicação no melhoramento de plantas para R às doenças. Parte 1: fungos; Parte 2: bactérias; Parte 3: nematoides; Parte 4: vírus & viroides.

Unidade 04 – Teoria gene-a-gene // Genética da interação patógeno – planta hospedeira // Modelos de coevolução planta – patógeno.

Unidade 05 – O tetraedro produtor-planta-patógeno-ambiente: Efeitos na expressão da resistência. Base teórica/prática do melhoramento para resistência a doenças.

Unidade 06 – Pré-melhoramento e estabelecimento de sistemas de seleção de plantas resistentes. Base epidemiológica da resistência/Fitopatometria/ Resistência do tipo redutora da taxa de progresso.

Unidade 07 – Métodos de melhoramento para R às doenças.

Unidade 08 – Meiose, *linkage* & desenvolvimento de mapas genéticos-moleculares; Seleção assistida por marcadores moleculares (SAM).

Unidade 09 – Tipos de genes de R já caracterizados (estrutura & função). Estratégias para o isolamento de genes de R às doenças. Resistência por perda de função (mutação/edição) de genes de suscetibilidade.

Unidade 10 – Biotech Breeding: Contribuições da Biologia Celular/Biologia Molecular/Genômica no melhoramento genético para R às doenças; Proteomas, transcritomas, genômica estrutural & funcional. Aplicações de técnicas de resequenciamento para análise das interações planta-patógeno e isolamento de genes de resistência. Estratégias de transgenia e edição gênica para resistência a doenças.

CONTEÚDO PRÁTICO

Visita a Embrapa Hortaliças (Brasília-DF): Resistência de hortaliças a patógenos e insetos vetores; Apresentação de alguns dos programas de melhoramento que vêm sendo conduzidos na Embrapa Hortaliças.

IV- SISTEMA DE AVALIAÇÃO

Exercícios, revisões bibliográficas, relatórios, seminários e provas.

**GRADUATE PROGRAM IN PHYTOPATHOLOGY
FEDERAL RURAL UNIVERSITY OF PERNAMBUCO**

Recife, PE - Brazil
Phone: +55 81 3320.6205 / E-mail: coordenacao.pgfitopat@ufrpe.br / Site: <http://ww2.ppgf.ufrpe.br>



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
FITOPATOLOGIA**

Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE - Brasil
Fone: (81) 3320.6205 / E-mail: coordenacao.pgfitopat@ufrpe.br
Site: <http://ww2.ppgf.ufrpe.br>



V- BIBLIOGRAFIA BÁSICA RECOMENDADA

Trabalhos clássicos

- Flor H. H. (1942) Inheritance of pathogenicity in *Melampsora lini*. *Phytopathology* 32: 653-669.
Flor H. H. (1971) Current status of the gene-for-gene concept. *Annual Review Phytopathology* 9:275-276.
Parlevliet J. E. (1979) Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Annual Review of Phytopathology* 17: 203-222.
Ellingboe A. H. (1981) Changing concepts in host-pathogen genetics. *Annual Review of Phytopathology* 19: 125-143.

Conceitos básicos

- Nelson R. R. (1973) *Breeding Plants for Disease Resistance – Concepts and Applications*. Pennsylvania State University Press.
Cooper, J. I., & Jones, A. T. Responses of plants to viruses: Proposals for the use of terms. *Phytopathology* (1983) 73: 127–128.
Van der Plank, J. E. (1984) *Disease Resistance in Plants*. Academic Press, New York.
Robinson R. A. (1995) *Return to Resistance: Breeding Crops to Reduce Pesticide Dependence*. AgPress & International Development Research Centre, Ottawa, Canada. 500pp.
Bos, L. & Parlevliet, J. E. (1995) Concepts and terminology on plant/pest relationships: Toward consensus in plant pathology and crop protection. *Annual review of Phytopathology* 33: 69-102.
Niks R.E.; Parlevliet J.E.; Lindhout P. & Bai, Y. (2011) *Breeding Crops to Diseases and Pests*. Academic Publishers, The Netherlands.

Livros & Capítulos

- Fonseca MEN & Boiteux, LS (2021) Biotecnologia no melhoramento genético de plantas para resistência a patógenos: Exemplos da aplicação de sistemas de seleção assistida por marcadores moleculares (SAM) no tomateiro (Capítulo 5). In: Rios JA; Almeida LC; Souza EB. (Org.). *Resistência de plantas a patógenos*. 1ed. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, v. 1, p. 121-167.
Gosal SS & Wani SH (2020) *Accelerated Plant Breeding, Volume 1. Cereal Crops*. Springer Nature, Switzerland, 450pp. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-41866-3>
Gosal SS & Wani SH (2020) *Accelerated Plant Breeding, Volume 2. Vegetable Crops*. Springer Nature, Switzerland, 455pp. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-47298-6>

Resistência: Temas gerais

- Engineering crops of the future: CRISPR approaches to develop climate-resilient and disease-resistant plants. *Genome Biology* (2020) 21(1): 1–19.



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
FITOPATOLOGIA**

Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE - Brasil
Fone: (81) 3320.6205 / E-mail: coordenacao.pgfitopat@ufrpe.br
Site: <http://ww2.ppgf.ufrpe.br>



From effectors to effectomes: Are functional studies of individual effectors enough to decipher plant pathogen infectious strategies? *PLoS Pathogens* (2020) 16(12): e1009059.
Exploiting broad-spectrum disease resistance in crops: from molecular dissection to breeding. *Annual Review of Plant Biology* (2020) 71: 575–603.
Molecular basis of disease resistance and perspectives on breeding strategies for resistance improvement in crops. *Molecular Plant* (2020) 13(10): 1402–1419.
Systemic acquired resistance and salicylic acid: past, present, and future. *Molecular Plant-Microbe Interactions* (2018) 31: 871–888.
Disease resistance mechanisms in plants. *Genes* (2018) 9(7): 339.
Function, discovery, and exploitation of plant pattern recognition receptors for broad-spectrum disease resistance *Annual Review of Phytopathology* (2017) 55: 257–286.
Mini review: potential applications of non-host resistance for crop improvement. *Front. Plant Sci.* (2016) 7: 997.
Structure-informed insights for NLR functioning in plant immunity. *Semin. Cell Dev. Biol.* (2016) 56, 134–149.
Image-based quantification of plant immunity and disease. *Molecular Plant-Microbe Interactions* (2016) 29: 919–924.
Small RNAs add zing to the Zig-Zag-Zig model of plant defenses. *Molecular Plant-Microbe Interactions* (2016) 29: 165–169.

Resistência / bactérias

Of guards, decoys, baits and traps: Pathogen perception in plants by type III effector sensors. *Current Opinion of Microbiology* (2016) 29: 49–55.
Analysis of sequenced genomes of *Xanthomonas perforans* identifies candidate targets for resistance breeding in tomato. *Phytopathology* (2016) 106: 1097–1104.
Non-host resistance induced by the *Xanthomonas* effector XopQ is widespread within the genus *Nicotiana* and functionally depends on EDS1. *Frontiers in Plant Science* (2016) <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01796>
Multiple *Xanthomonas euvesicatoria* Type III effectors inhibit flg22-triggered immunity. *Molecular Plant-Microbe Interactions* (2016) 29: 651–660.
Bacterial outer membrane vesicles induce plant immune responses. *Molecular Plant-Microbe Interactions* (2016) 29: 374–384

Resistência / vírus

Control of plant viral diseases by CRISPR/Cas9: resistance mechanisms, strategies and challenges in food crops. *Plants* (2021) 10(7), 1264.
CRISPR Applications in plant virology: Virus resistance and beyond. *Phytopathology* (2020) 110: 18-28.
Novel functional genomics approaches: A promising future in the combat against plant viruses. *Phytopathology* (2016) 106: 1231–1239.

GRADUATE PROGRAM IN PHYTOPATHOLOGY
FEDERAL RURAL UNIVERSITY OF PERNAMBUCO

Recife, PE - Brazil
Phone: +55 81 3320.6205 / E-mail: coordenacao.pgfitopat@ufrpe.br / Site: <http://ww2.ppgf.ufrpe.br>



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
FITOPATOLOGIA**

Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE - Brasil
Fone: (81) 3320.6205 / E-mail: coordenacao.pgfitopat@ufrpe.br
Site: <http://ww2.ppgf.ufrpe.br>



Trade-offs for viruses in overcoming innate immunities in plants. *Molecular Plant-Microbe Interactions* (2016) 29: 595–598.

Field trial and molecular characterization of RNAi-transgenic tomato plants that exhibit resistance to tomato yellow leaf curl virus. *Molecular Plant-Microbe Interactions* (2016) 29: 197–209.

Dominant resistance against plant viruses. *Frontiers in Plant Science* (2014) 5: article 307.

Crop immunity against viruses: Outcomes and future challenges (2014) *Frontiers in Plant Science* 5: article 660.

Resistência / fungos

CRISPR/Cas9-mediated generation of pathogen-resistant tomato against tomato yellow leaf curl virus and powdery mildew. *International Journal of Molecular Sciences* (2021) 22:78.

Plant hormones: A fungal point of view. *Molecular Plant Pathology* (2016) 17: 1289–1297.

The semi-dwarfing alleles *Rht-D1b* and *Rht-B1b* show marked differences in their associations with anther-retention in wheat heads and with Fusarium head blight susceptibility. *Phytopathology* (2016) 106: 1544–1552.

Coevolutionary dynamics of rice blast resistance gene *Pi-ta* and *Magnaporthe oryzae* avirulence gene *AVR-Pita 1*. *Phytopathology* (2016) 106: 676–683.

Ethylene biosynthesis and signaling is required for rice immune response and basal resistance against *Magnaporthe oryzae* infection. *Molecular Plant-Microbe Interactions* (2016) 29 (11): 11 831–843.

Fungal effectors and plant susceptibility. *Annual Review of Plant Biology* (2015) 66: 513–545.

Resistência / oomicetos & protozoários

Mutations introduced in susceptibility genes through CRISPR/Cas9 genome editing confer increased late blight resistance in potatoes. *Scientific Reports* (2021) 11(1): 1-12.

Genetics of clubroot and fusarium wilt disease resistance in Brassica vegetables: the application of marker assisted breeding for disease resistance. *Plants* (2020) 9(6): 726.

Devastating intimacy: The cell biology of plant-*Phytophthora* interactions. *New Phytologist* (2020) 228: 445-458.

Defense and counter defense during plant-pathogenic oomycete infection. *Annual Review of Microbiology* (2019) 73: 667–696.

Potato and tomato late blight caused by *Phytophthora infestans*: An overview of pathology and resistance breeding. *Plant Disease* (2012) 96: 4–17.

Resistência / Nematoides

The *Meloidogyne incognita* nuclear effector MiEFF1 interacts with Arabidopsis cytosolic glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenases to promote parasitism. *Frontiers in Plant Science* (2021) 12: 633.

Recent applications of biotechnological approaches to elucidate the biology of plant–nematode interactions. *Current Opinion in Biotechnology* (2021) 70: 122–130.

GRADUATE PROGRAM IN PHYTOPATHOLOGY
FEDERAL RURAL UNIVERSITY OF PERNAMBUCO

Recife, PE - Brazil
Phone: +55 81 3320.6205 / E-mail: coordenacao.pgfitopat@ufrpe.br / Site: <http://ww2.ppgf.ufrpe.br>



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
FITOPATOLOGIA**

Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE - Brasil
Fone: (81) 3320.6205 / E-mail: coordenacao.pgfitopat@ufrpe.br
Site: <http://ww2.ppgf.ufrpe.br>



Molecular and cellular mechanisms involved in host-specific resistance to cyst nematodes in crops. *Frontiers in Plant Science* 12, 363.

Current insights into migratory endoparasitism: Deciphering the biology, parasitism mechanisms, and management strategies of key migratory endoparasitic phytonematodes. *Plants* (2020) 9(6), 671.

Plant defense responses in monocotyledonous and dicotyledonous host plants during root-knot nematode infection. *Plant and Soil* (2020) 451: 239–260

Biotech breeding, marker-assisted selection /QTL identification

Designing future crops: Challenges and strategies for sustainable agriculture. *The Plant Journal* (2021) 105(5): 1165–1178.

Molecular Markers in a Commercial Breeding Program. *Crop Science* (2007) 47(S3) S154–S163.

MicroRNAs and Their Regulatory Roles in Plants. *Annual Review of Plant Biology* (2006) 57:19–53.

Genomics-assisted breeding for crop improvement. *Trends in Plant Science* (2005) 10: 621–630.

Finding the molecular basis of quantitative traits: Successes and pitfalls. *Nature Reviews Genetics* (2001) 2: 437–445.

QTL mapping and quantitative disease resistance in plants. *Annual Review of Phytopathology* (1996) 34: 479–501.

DNA molecular markers in plant breeding: current status and recent advancements in genomic selection and genome editing. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* (2018) 32: 61-285

**GRADUATE PROGRAM IN PHYTOPATHOLOGY
FEDERAL RURAL UNIVERSITY OF PERNAMBUCO**

Recife, PE - Brazil
Phone: +55 81 3320.6205 / E-mail: coordenacao.pgfitopat@ufrpe.br / Site: <http://ww2.ppgf.ufrpe.br>