



Núcleo de
Computação
Científica



unesp

Relatório de Atividades

Thiago R. F. P. Tomei

— NCC/UNESP —

Relatório Trienal
Período: Março/2019 a Março/2022

Índice

1	Introdução	2
2	Atividades de Pesquisa	4
2.1	Atualização do Trigger de Alto Nível para a Fase 2	4
2.2	Busca por Matéria Escura	6
2.3	Estudos em Aprendizado de Máquina	10
2.4	Outras Atividades	12
2.5	Bases de Dados	13
3	Atividades Docentes	14
3.1	Disciplinas Ministradas	14
3.2	Orientações Acadêmicas	14
3.3	Minicursos Oferecidos	14
4	Atividades de Extensão	15
4.1	MasterClass de Física de Altas Energias	15
4.2	Aplicativo “As Partículas”	15
4.3	Pint of Science	15

1. Introdução

O Modelo Padrão das interações fundamentais é a teoria que, até o momento, melhor descreve as partículas subatômicas e de suas interações. Historicamente, o desenvolvimento do Modelo Padrão envolveu um intercâmbio constante entre novos resultados experimentais e avanços teóricos, constituindo-se em um excelente exemplo de como o conhecimento científico progride. Nos dias atuais, o Modelo Padrão é uma teoria consolidada; uma revisão do panorama experimental atual [1] revela a excelente concordância entre as previsões teóricas e os dados observados.

Apesar do enorme sucesso experimental, o Modelo Padrão apresenta incompletudes que sugerem a existência de uma estrutura ainda mais profunda na matéria, que seria descrita pelo que chamamos de uma “Física Além do Modelo Padrão” [2]. Embora existam diversas teorias que buscam estender o Modelo Padrão, ainda não existem indícios significativos que favoreçam nenhuma delas. Por outro lado, uma das características do panorama atual da Física de Altas Energias é o contraste entre os resultados obtidos em experimentos com aceleradores de partículas, que seguidamente confirmam as previsões do Modelo Padrão, e os experimentos de astronomia e astrofísica. A natureza da matéria escura, a origem da oscilação dos neutrinos, a assimetria bariônica do universo e a relação da gravitação com as outras interações fundamentais são algumas das questões em aberto no atual paradigma. Esse contraste é o principal problema tratado neste projeto, e a abordagem escolhida será a realização de buscas por Física Além do Modelo Padrão em um experimento de altas energias.

Os objetivos do meu projeto de pesquisa dividem-se naqueles de curto e longo prazo. A continuação de minha participação no experimento *Compact Muon Solenoid* (CMS) [3], um dos experimentos servidos pelo acelerador *Large Hadron Collider* (LHC) [4], é o objetivo mais imediato. O grupo de Física do Núcleo de Computação Científica da UNESP (NCC-UNESP) é integrante do *São Paulo Research and Analysis Center* (SPRACE) e já se encontra envolvido em buscas por Física Além do Modelo Padrão no CMS, o que me proporciona um rápido engajamento nas atividades propostas. O grupo de Física de Partículas do Instituto de Física Teórica da UNESP (IFT-UNESP), por sua vez, apresenta uma grande tradição na área de Fenomenologia de Partículas, e a interação e colaboração com seus integrantes seguramente enriquecerá o meu trabalho experimental. A médio prazo, tendo em vista o calendário de *upgrades* previsto para o LHC e seu upgrade, o *High-Luminosity Large Hadron Collider* [5, 6], existe uma oportunidade única de alavancar o nível científico do grupo através da participação no projeto e construção da próxima fase do experi-

mento CMS [7]. Minha proposta é de contribuir tanto para o crescimento do grupo, através do meu trabalho de pesquisa e da orientação de estudantes de iniciação científica, mestrado e doutorado, como de sua diversificação, atraindo pesquisadores de áreas afins, como engenharia eletrônica e ciência da computação.

O principal resultado esperado da análise dos dados do CMS é uma visão mais profunda da estrutura fundamental da matéria. Em termos práticos, cada busca realizada gera pelo menos um resultado preliminar, onde os dados são analisados com técnicas otimizadas para alguns modelos de referência, que é publicado como um *Physics Analysis Summary* (PAS)¹. Diversos resultados preliminares são em geral combinados posteriormente para a publicação de um artigo de referência, para o qual os dados são reconstruídos e reanalisados com as versões mais desenvolvidas do software e das técnicas experimentais. No caso em que as observações apontem para indícios significativos de Física Nova, isso em geral leva a uma terceira rodada de otimização e análise dos dados, a fim de viabilizar uma possível descoberta. Resultados negativos são também valiosos, apontando os modelos que deixaram de ser viáveis em vista das observações, *i.e.*, modelos excluídos. Cabe lembrar que todos resultados serão sempre documentados em PAS e artigos, bem como disseminados para a comunidade científica em apresentações nas conferências da área.

Neste relatório, dou uma visão geral dos meus resultados obtidos no período de março/2019 a março/2022. Para uma visão mais detalhada, as bases de dados listadas na Seção 2.5 apresentam mais informações.

¹<https://cds.cern.ch/collection/CMS%20Physics%20Analysis%20Summaries>

2. Atividades de Pesquisa

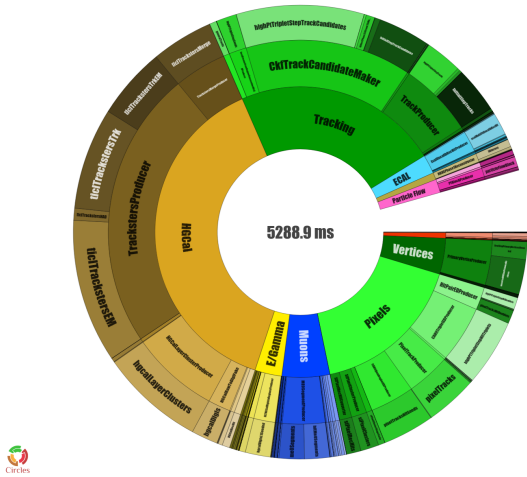
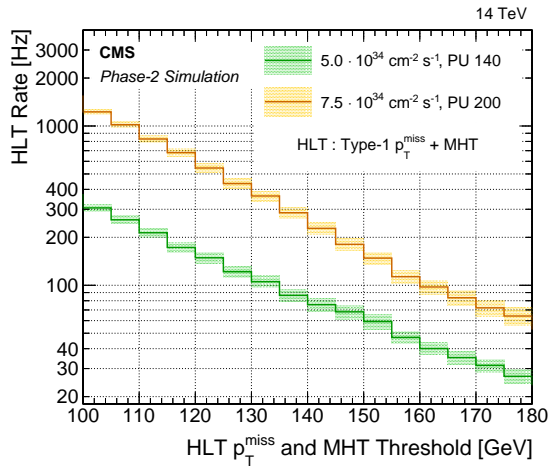
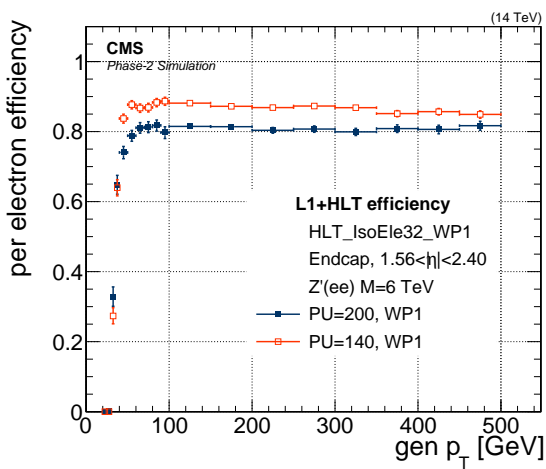
Durante o período deste relatório, continuei trabalhando no âmbito da Colaboração CMS do CERN, participando de análises em três frentes de trabalho: a *Atualização do Trigger de Alto Nível para a Fase 2* e a *Busca Por Matéria Escura*. Também me dediquei a estudos de *Aprendizado de Máquina*, tendo em vista a imensa revolução que essa área promete trazer a todas as áreas da ciência, inclusive a física de altas energias. Detalho a seguir minhas atividades em cada uma dessas frentes.

2.1 Atualização do Trigger de Alto Nível para a Fase 2

A partir de 2029, o LHC entrará em sua fase de alta luminosidade (HL-LHC), com luminosidade instantânea de até $7.5 \times 10^{34} / \text{cm}^2 / \text{s}$, condições essas que levarão a um *pileup*² médio $\langle \text{PU} \rangle = 200$ e uma luminosidade integrada final de 3000 fb^{-1} em 2038. O experimento CMS vai passar por uma série de aprimoramentos para fazer frente a essas novas condições na chamada *Fase 2* [7].

Um aspecto crítico da Fase 2 é o sistema de trigger e aquisição de dados [8]. Durante o período deste relatório, fui **Coordenador do Trigger de Alto Nível para a Fase 2**. Em conjunto com o Dr. Andrea Bocci (CERN), coordenei a preparação do *Technical Design Report* (TDR) que documentou o trabalho de *upgrade* desse sistema. Apresento alguns dos principais resultados do TDR na Fig. 1; em linhas gerais, nós preparamos algoritmos de aquisição de dados adaptados às condições da Fase 2, otimizando simultaneamente sua eficiência, pureza e tempo de execução. Então nós integramos esses algoritmos em um conjunto coerente, o chamado *menu de trigger*, e o caracterizamos em termos de seu tempo total de execução e sua taxa total de aquisição de dados. Finalmente, nós projetamos as necessidades computacionais do centro de processamento de dados do experimento, baseados nessa caracterização e na evolução do hardware disponível para aquisição até o início da Fase 2. Convido o leitor interessado a acessar o documento completo em <https://cds.cern.ch/record/2759072/>. Esse documento, em conjunto com todos os outros TDRs produzidos pela Colaboração CMS, formará a base dos pedidos de apoio financeiro a todas as agências de fomento que sustentam o experimento.

²Ocorrência de múltiplas colisões nos cruzamentos de grupos de prótons do acelerador.

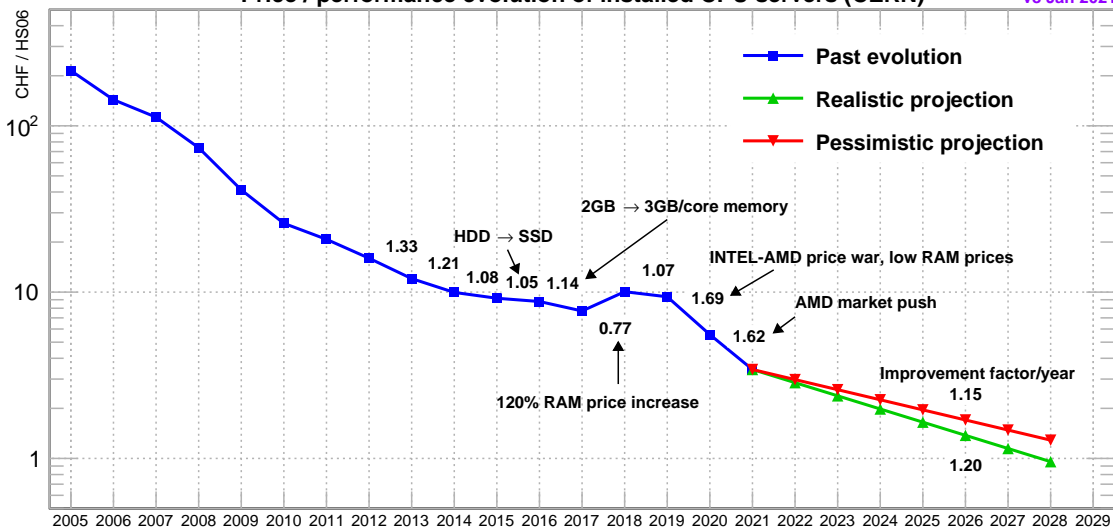


Element	Time	Fraction
B tagging	0.4 ms	0.0 %
E/Gamma	158.4 ms	3.0 %
ECAL	110.9 ms	2.1 %
Framework	0.0 ms	0.0 %
HCAL	41.6 ms	0.8 %
HGCAL	2030.5 ms	38.4 %
HLT	0.7 ms	0.0 %
I/O	0.4 ms	0.0 %
Jets/MET	32.1 ms	0.6 %
LIT	2.5 ms	0.0 %
Muons	280.9 ms	5.3 %
other	232.8 ms	4.4 %
Particle Flow	78.9 ms	1.5 %
Pixels	902.3 ms	17.1 %
Tracking	1204.5 ms	22.8 %
Vertices	211.9 ms	4.0 %
total	5288.9 ms	100.0 %



Price / performance evolution of installed CPU servers (CERN)

v8 Jan 2021



Last 5 year average improvement factor = 1.25

Figura 1: Alto: Eficiência de seleção de um algoritmo de seleção de elétrons (esquerda), e taxa de aquisição de dados – relacionada à pureza – de um algoritmo de seleção de eventos com momento transversal faltante (direita). Meio: tempo de execução do menu de *trigger*, dividido nos diferentes componentes dos algoritmos que o compõem. Baixo: projeção do poder computacional por unidade de valor, histórica e projetada até 2028.

2.2 Busca por Matéria Escura

O indício mais forte de Física Além do Modelo Padrão é a chamada matéria escura (*dark matter* – DM). Uma das principais evidências a favor da existência da DM é a observação de que, para vários tipos de objetos observáveis – estrelas, nuvens de gás, galáxias –, sua dinâmica é diferente daquela esperada apenas devido à atração gravitacional de outros objetos. Outra evidência para a existência da Matéria Escura é o ajuste global dos parâmetros do Modelo Padrão Cosmológico, que implica uma densidade de matéria não-bariônica $\Omega_c h^2 = 0.1196 \pm 0.0031$, *i.e.*, uma densidade física de Matéria Escura de cerca de 23% [9]. As características que definem um candidato a matéria Escura são a estabilidade em escalas de tempo cosmológicas, a interação extremamente fraca com a radiação eletromagnética e a densidade de relíquia correta. Nenhuma das partículas previstas pelo Modelo Padrão atende esses requisitos; várias extensões do Modelo Padrão, por sua vez, apresentam um ou mais candidatos a matéria escura. No LHC, o candidato a matéria escura χ poderia ser produzido em reações do tipo $pp \rightarrow \chi\chi + X$, onde a matéria escura deixa a região de interação sem deixar sinal no detector, aparecendo como momento transversal faltante (p_T^{miss}). Nesta frente de trabalho, me concentrei em dois estudos: o modelo de “Higgs escuro” e modelos com traços evanescentes.

2.2.1 Modelo de Higgs Escuro

Em 2018, iniciei um novo esforço na busca por matéria escura, focando no chamado modelo de “Higgs escuro” [10, 11] que descreverei brevemente. Consideramos um “setor escuro”, equipado com uma simetria de calibre $U(1)'$. O modelo contém uma partícula de matéria escura χ , um novo campo escalar complexo S que sofre quebra de simetria espontânea (SSB) e dá origem a um novo bóson escalar s (o Higgs escuro) e um bóson de calibre Z' . A lagrangeana do modelo após a SSB é

$$\mathcal{L}_\chi = -\frac{1}{2}g_\chi Z'^\mu \bar{\chi} \gamma^5 \gamma_\mu \chi - g_\chi \frac{m_\chi}{m_{Z'}} s \chi + 2g_\chi Z'^\mu Z'_\mu (g_\chi s^2 + m_{Z'} s)$$

e tomamos como parâmetros independentes as três massas físicas das partículas (m_χ , $m_{Z'}$, m_s). O Higgs escuro s se mistura com o bóson de Higgs do modelo padrão H , permitindo que s decaia mesmo que ele seja a partícula mais leve do setor escuro; por outro lado, o ângulo de mistura pode ser tomado arbitrariamente pequeno de modo a prevenir desvios mensuráveis nas propriedades de H .

Os diagramas de interesse para uma busca no LHC são mostrados na Fig. 2. Esses processos dão origem à assinatura de hadrões + p_T^{miss} , onde os hádrões podem aparecer como um par de jatos regulares ou como um único jato gordo com subestru-

tura; para o segundo diagrama, a ocorrência de hádrons B aumenta a possibilidade de detecção através do *b-tagging* dos jatos.

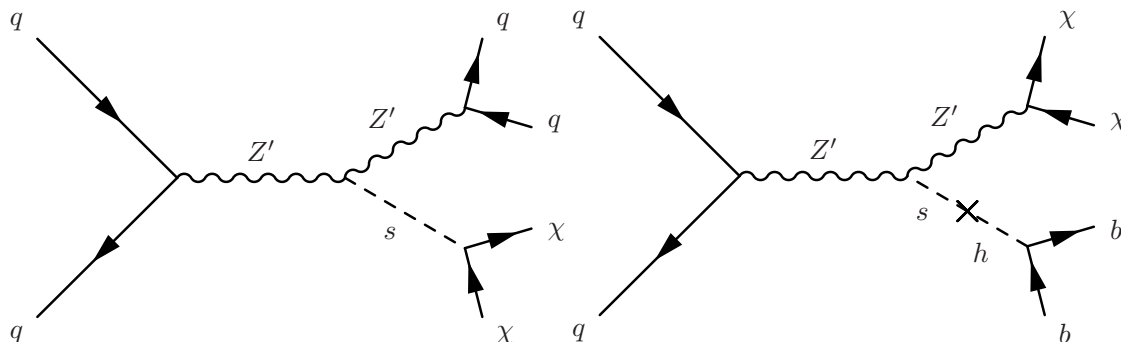


Figura 2: Diagramas de interesse para produção do Higgs escuro no LHC.

Infelizmente, o trabalho com o grupo do Fermilab não convergiu de maneira satisfatória; a pandemia de COVID-19 foi particularmente problemática para essa frente de colaboração. Por outro lado, o Sr. Breno Orzari concluiu sua dissertação de mestrado em junho de 2020, demonstrando a viabilidade de uma busca por matéria escura com esse modelo no experimento CMS, e agora se dedica aos seus estudos de doutorado também sob minha orientação. Alguns de seus resultados finais estão mostrados na Fig. 3.

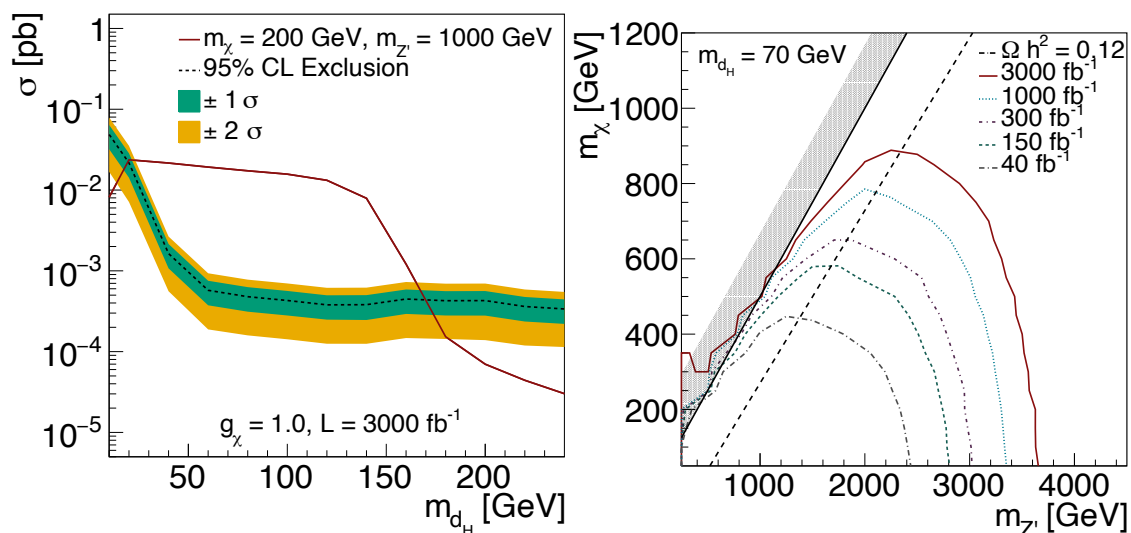


Figura 3: Esquerda: limites esperados para a massa do Higgs escuro m_S (chamada m_{dH} na figura), para matéria escura de massa $m_\chi = 200$ GeV, mediador de massa de $m_{Z'} = 1$ TeV e luminosidade de 3000/fb. Direita: regiões esperadas de exclusão no plano $(m_{Z'}, m_\chi)$, para $m_{dH} = 70$ GeV e diversos valores de luminosidade.

2.2.2 Modelos com Assinaturas de Traços Evanescentes

Em 2019, comecei a trabalhar em uma nova frente na busca por produção de matéria escura no LHC. Nos modelos de nova física com assinaturas de *traços evanescentes*, um novo tipo de partícula carregada, com longa vida média, é produzida na colisão pp. Devido à essa longa vida média, a partícula percorre uma distância macroscópica antes de se desintegrar em partículas mais estáveis. Esses produtos de decaimento não são, entretanto, observados pelo detector; ou sua energia é baixa demais para sua reconstrução, ou eles interagem fracamente demais com a matéria usual, *i.e.*, são um candidato a matéria escura. Após a reconstrução, a assinatura final é de um traço que parece desaparecer antes do final do sistema de detecção. Note-se que essa é apenas uma das possíveis assinaturas da produção de partículas de vida longa; a Fig 4 mostra outrass assinaturas nessa categoria.

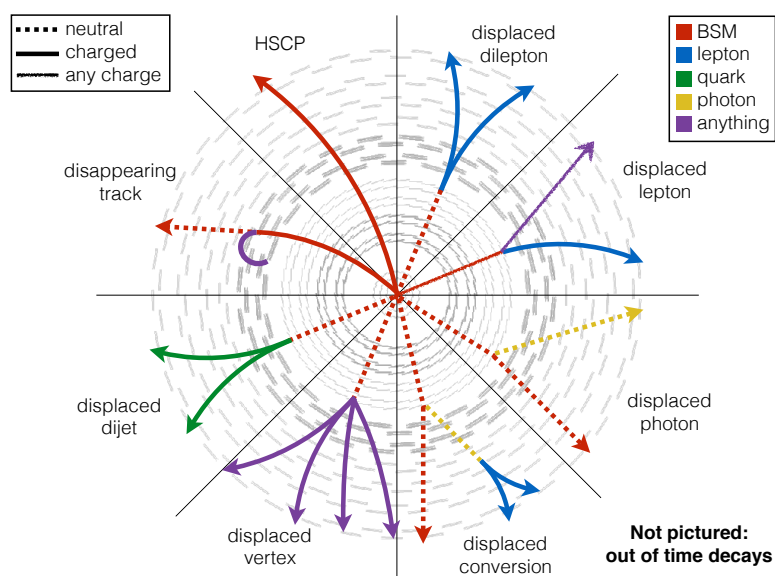


Figura 4: Diferentes assinaturas da produção de partículas de vida longa.

No momento, estou orientando o Sr. Breno Orzari em seu doutorado, visando uma busca desse tipo com os dados do LHC a serem tomados no terceiro período de tomada de dados. No momento, estamos preparando os eventos simulados que servirão de guia para esse estudo. Além disso, orientei um estudante de mestrado, o Sr. João Böger, na implementação *ex nihilo* de algoritmos de reconstrução de traços no LHC. O objetivo inicial era treiná-lo como um especialista em reconstrução de traços, para então envolvê-lo também nessa busca. O Sr. Böger concluiu sua dissertação de mestrado em junho de 2022, mas optou por migrar para a iniciativa privada. Alguns de seus resultados finais estão mostrados na Fig. 5.

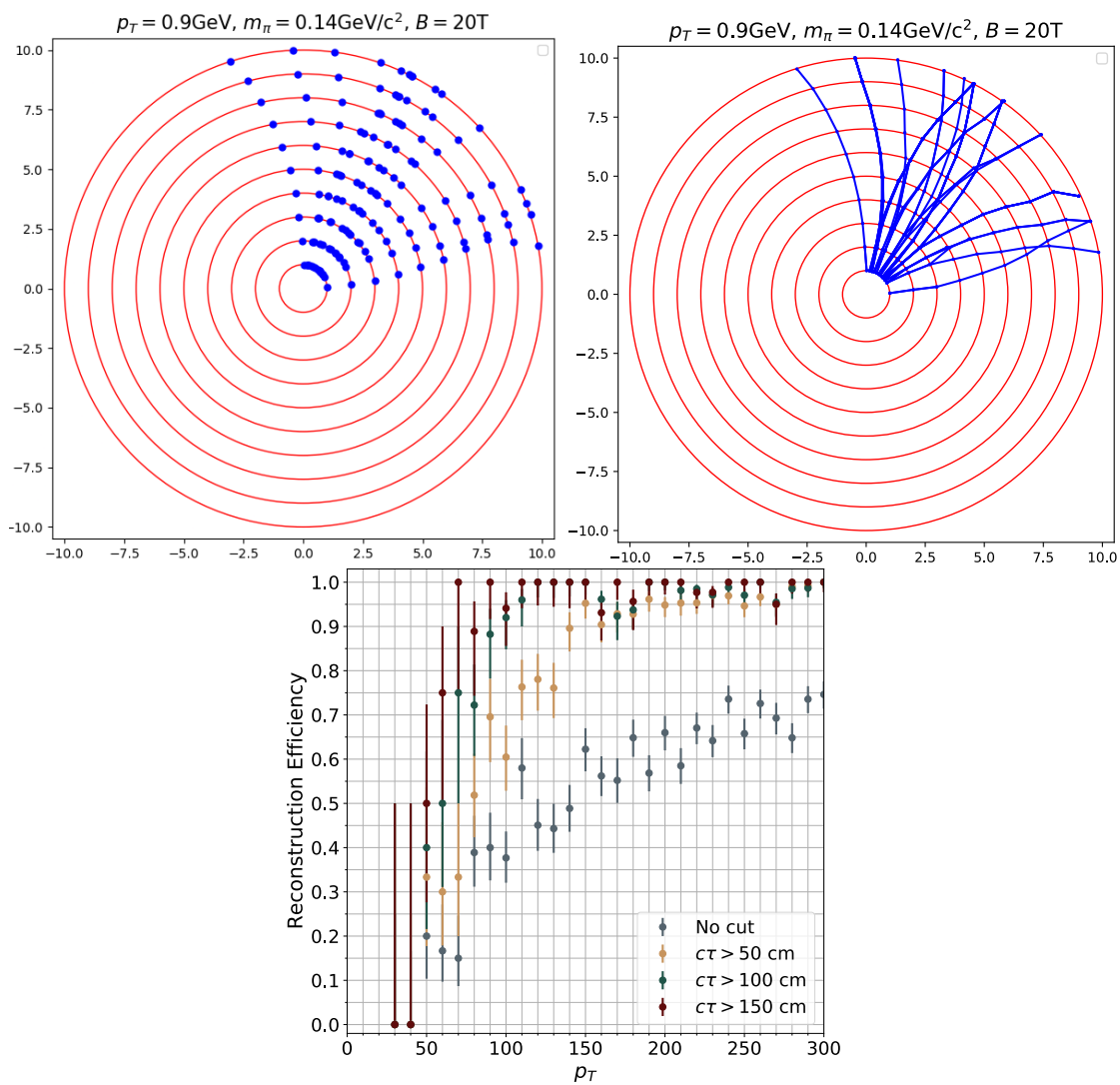


Figura 5: Alto: modelo simplificado de sinais em um detector de traços (esquerda), e a reconstrução das trajetórias que deram origem a esses sinais (direita). Baixo: eficiência de reconstrução das trajetórias como função do momento transversal, para diversos valores de tempo de vida $c\tau$ das partículas.

2.3 Estudos em Aprendizado de Máquina

Em 2017, comecei a me dedicar a estudos em aprendizado de máquina (*machine learning* – ML), haja vista a aceleração do uso dessas técnicas em praticamente todas as áreas da ciência, e particularmente em física de altas energias. A partir de 2018 decidi estudar os chamados *modelos generativos*, tendo como objetivo foi a investigação de métodos de aceleração para a simulação de eventos de colisão de partículas, uma tarefa fundamental para o trabalho da comunidade de HEP. A simulação dos efeitos do detector em eventos de HEP geralmente é feita com o software GEANT4 [12], e pode levar mais de um minuto por evento para interações complexas como produção de $t\bar{t}$ no LHC na presença de pileup. Trabalhos anteriores nessa área resultaram em abordagens como o ATLAS FastCaloSim [13] e o CMS FastSim [14], no qual os autores relatam grandes acelerações na simulação do calorímetro, mas à custa de algum sacrifício na precisão.

Os modelos geradores, por outro lado, são uma classe de modelos de ML que podem alcançar altas velocidades, mantendo alta precisão. Juntamente com a equipe de computação do SPRACE – Dr. Raphael Cobe e Sr. Jefferson Fialho – fiz uma investigação preliminar sobre dois tipos de modelos generativos: Redes Generativas Adversariais (*Generative Adversarial Networks* – GANs) e AutoCodificadores Variacionais (*Variational AutoEncoders* – VAEs). Além disso, também envolvi meu estudante Sr. Breno Orzari, que em uma visita ao CERN no final de 2019 estabeleceu uma colaboração com o Dr. Maurizio Pierini, líder do grupo *Machine Learning for Particle Physics* (MPP-HEP). Nessa colaboração buscamos gerar jatos hadrônicos, uma das assinaturas mais comuns de eventos do LHC. Com essa colaboração com o Dr. Pierini, já publicamos quatro artigos em conferências, e estamos preparando os artigos finais a serem publicados em revistas. Alguns de nossos resultados estão mostrados na Fig. 6.

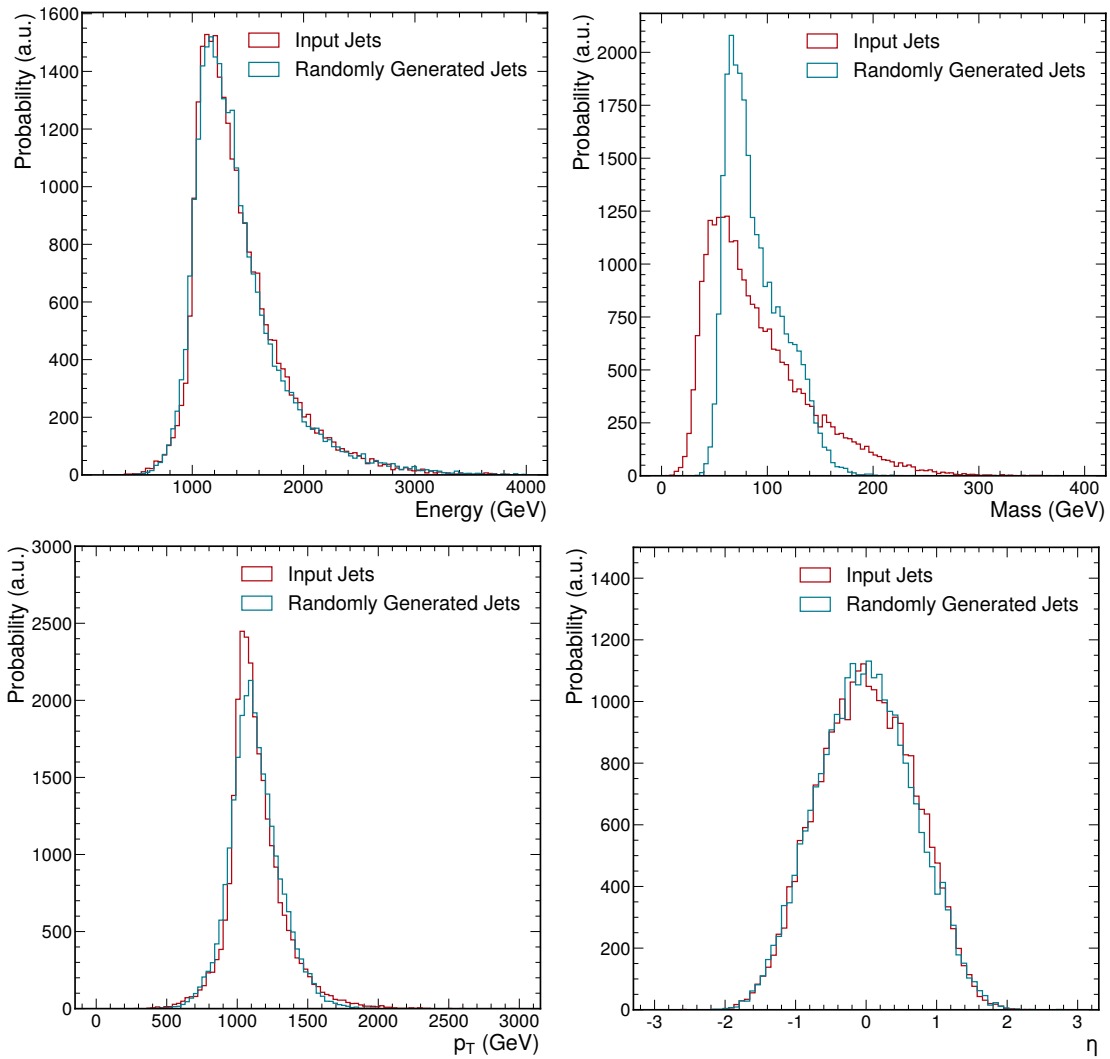


Figura 6: Resultados preliminares para geração de jatos com autocodificadores variacionais, para diversas variáveis. Alto, esquerda: energia dos jatos. Alto, direita: massa dos jatos. Baixo, esquerda: momento transversal dos jatos. Baixo, direita: pseudorapidez dos jatos.

2.4 Outras Atividades

2.4.1 CMS Collaboration Service Work

Como membro da colaboração CMS, é parte do meu trabalho científico contribuir para o bom andamento do experimento. De 2016 a 2018 participei das seguintes atividades de serviço para a colaboração:

- **Coordenador do High-Level Trigger para a Fase II:** Desde setembro de 2018, em conjunto com o Dr. Andrea Bocci (CERN), coordenei a preparação do *Technical Design Report* (TDR) que documentou o trabalho de *upgrade* desse sistema.

2.4.2 Participação em Conferências

- “The High-Level Trigger for the CMS Phase-2 Upgrade”, poster no encontro *LHCP2022: 10th Annual Large Hadron Collider Physics Conference* virtual/Taiwan (2022).
- “CMS Perspectives for the High-Luminosity LHC Era”, palestra plenária no *XLI Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos*, virtual (2021).
- “Dark Matter Searches in Colliders”, palestra no encontro *CAHEP 2020: Meeting of High Energy Physics, Cosmology and High Energy Astrophysics*, virtual (2020).
- “The CMS Trigger upgrade for the HL-LHC”, palestra no encontro *CHEP2019: 24th International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics*, Adelaide SA, Australia (2019).
- “Machine Learning Techniques for HL-LHC Tracking in CMS”, palestra no *XL Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos*, Campos do Jordão (2019).

2.4.3 Fontes de Financiamento

Fui outorgado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) com um Auxílio à Pesquisa – Projeto Regular, intitulado *High-Level Trigger Design for the CMS Phase-II Upgrade*, sob número de processo 2019/00413-0.

Fui outorgado pelo Instituto Serrapilheira com um Projeto de Apoio à Ciência, intitulado *Applications of Machine Learning Techniques to the HL-LHC Experiments*, sob número de processo 1812-27921.

Sigo sendo outorgado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico

e Tecnológico (CNPq) com uma bolsa de Produtividade em Pesquisa – PQ2, *Busca por Nova Física no Experimento CMS do Large Hadron Collider*, sob número de processo 314608.2020-6.

2.4.4 Artigos Completos Publicados em Periódicos

- **Artigos publicados com a Colaboração CMS:**
312 artigos publicados desde 2019.

2.4.5 Artigos Publicados em Anais de Conferências

- *Graph Generative Adversarial Networks for Sparse Data Generation in High Energy Physics*, [arXiv:2012.00173](https://arxiv.org/abs/2012.00173).
- *Particle Cloud Generation with Message Passing Generative Adversarial Networks*, [arXiv:2106.11535](https://arxiv.org/abs/2106.11535).
- *Sparse Data Generation for Particle-Based Simulation of Hadronic Jets in the LHC*, [arXiv:2109.15197](https://arxiv.org/abs/2109.15197).
- *Particle-based Fast Jet Simulation at the LHC with Variational Autoencoders*, [arXiv:2203.00520](https://arxiv.org/abs/2203.00520).

2.5 Bases de Dados

- **Currículo Lattes:**
<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4713328U4>
- **ORCID:**
<https://orcid.org/0000-0002-1809-5226>
- **Researcher ID:**
<http://www.researcherid.com/rid/E-7091-2012>
- **Google Scholar:**
https://scholar.google.com.br/citations?user=Ud_lv6EAAAAJ&hl=en

Envio em anexo o Currículo Lattes. Adicionalmente, os artigos completos publicados no período 2019–2022 estão listados na base de dados INSPIRE, acessível através do seguinte link:

<https://inspirehep.net/literature?sort=mostrecent&size=400&page=1&q=find%20a%20tomei%20and%20cn%20cms%20and%20jy%20%3E%3D%202019>.

Infelizmente, devido à inadequação do sistema eletrônico do CNPq, a lista de artigos da colaboração CMS não pode ser publicada no Lattes, pois é muito extensa.

3. Atividades Docentes

3.1 Disciplinas Ministradas

- *Mecânica Quântica II*: Instituto de Física Teórica (IFT-UNESP), primeiro semestre de 2019.
- *Partículas Elementares I*: Instituto de Física Teórica (IFT-UNESP), primeiro semestre de 2020.
- *Partículas Elementares*: Instituto de Física Teórica (IFT-UNESP), segundo semestre de 2021.

3.2 Orientações Acadêmicas

- *Sr. Breno Orzari*, estudante de Doutorado (2020–presente). Discente do Instituto de Física Teórica (IFT-UNESP).
- *Sr. Bruno Lopes*, estudante de Doutorado (2022–presente). Discente do Instituto de Física Teórica (IFT-UNESP).
- *Srta. Stephanie Dardengo*, estudante de Doutorado (2022–presente). Discente do Instituto de Física Teórica (IFT-UNESP).

3.3 Minicursos Oferecidos

- *Aspects of Experimental High-Energy Physics*, minicurso dado no *Journeys into Theoretical Physics* (2019). <http://journeys.ictp-saifr.org/journeys-2019-2/>
- *Aspects of Experimental High-Energy Physics*, minicurso dado na *III Escola Jayme Tiomno de Física Teórica* (2021). <https://lambdadps.github.io/workshops/Aspects-of-Experimental-High-Energy-Physics.html>

4. Atividades de Extensão

4.1 MasterClass de Física de Altas Energias

Todos os anos, participo do *International MasterClass de Física de Altas Energias* [15], com participação de centenas de estudantes de ensino médio. Apresento o seminário *A Estrutura Elementar da Matéria*, que dá aos estudantes uma visão geral sobre o tema, e auxilio os estudantes na atividade prática do evento – a caracterização de eventos reais tomados pelo detector CMS em termos de sua topologia e sua classificação como eventos advindos de bósons W, Z ou Higgs. No período deste relatório, participei das edições de 2020, 2021 e 2022.

Gostaria de fazer aqui um aparte sobre o MasterClass Feminino. O dia 11 de fevereiro foi instituído como o Dia Internacional das Mulheres e Meninas na Ciência pela resolução A/RES/70/212, da Assembleia Geral das Nações Unidas [16]. O objetivo desse ato é chamar a atenção para a desigualdade de gênero e aumentar a participação feminina na área de ciências. De acordo com estudos patrocinados pela ONU, a probabilidade de uma estudante do sexo feminino obter um título de Bacharel, Mestre ou Doutora na área de ciências é de 18%, 8% e 2% respectivamente; as probabilidades correspondentes para estudantes do sexo masculino são de 37%, 18% e 6%. Tendo em vista a situação supracitada, o grupo SPRACE tem tomado a iniciativa de realizar essa edição especial do evento destinada especialmente a alunas de ensino médio e primeiro ano de licenciatura.

4.2 Aplicativo “As Partículas”

Participei da tradução do aplicativo “As Partículas”, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bwg.theparticles>. Esse aplicativo explica a construção histórica da física de partículas, com ênfase na parte experimental. Ele também explica as principais características do modelo padrão: as partículas elementares, os campos de força, e o conceito de simetria, sempre em uma linguagem acessível para o público leigo.

4.3 Pint of Science

Participei dos eventos Pint of Science (2019), em Lorena³ e em São Paulo, no contexto dos “Papos de Física”⁴.

³<https://site.eel.usp.br/noticias/lorena-participa-do-pint-science-festival-leva-ciencia-para-os-bares-da-cidade>

⁴<http://outreach.ictp-saifr.org/publico-leigo/papos-de-fisica/>

Referências

- [1] Particle Data Group Collaboration, “Review of Particle Physics”, *Chinese Physics-english Tr* **C38** (2014) 090001, [doi:10.1088/1674-1137/38/9/090001](https://doi.org/10.1088/1674-1137/38/9/090001).
- [2] J. D. Lykken, “Beyond the Standard Model”, [arXiv:1005.1676](https://arxiv.org/abs/1005.1676).
- [3] CMS Collaboration, “The CMS Experiment at the CERN LHC”, *JINST* **3** (2008) S08004, [doi:10.1088/1748-0221/3/08/S08004](https://doi.org/10.1088/1748-0221/3/08/S08004).
- [4] e. Evans, Lyndon and e. Bryant, Philip, “LHC Machine”, *JINST* **3** (2008) S08001, [doi:10.1088/1748-0221/3/08/S08001](https://doi.org/10.1088/1748-0221/3/08/S08001).
- [5] M. Lamont, “Longer Term LHC Schedule”.
- [6] G. Apollinari, I. Béjar Alonso, O. Brüning et al., “High-Luminosity Large Hadron Collider (HL-LHC) : Preliminary Design Report”, 2015. [doi:10.5170/CERN-2015-005](https://doi.org/10.5170/CERN-2015-005).
- [7] CMS Collaboration, “Technical Proposal for the Phase-II Upgrade of the CMS Detector”, 2015.
- [8] C. Collaboration, “The Phase-2 Upgrade of the CMS DAQ Interim Technical Design Report”, 2017.
- [9] Planck Collaboration, “Planck 2013 Results. XVI. Cosmological Parameters”, *Astronomy and Astrophysics* **571** (2014), no. CERN-PH-TH-2013-129, A16, [doi:10.1051/0004-6361/201321591](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201321591), [arXiv:1303.5076](https://arxiv.org/abs/1303.5076).
- [10] M. Autran, K. Bauer, T. Lin et al., “Searches for Dark Matter in Events with a Resonance and Missing Transverse Energy”, *Physical Review* **D92** (2015), no. 3, 035007, [doi:10.1103/PhysRevD.92.035007](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.92.035007), [arXiv:1504.01386](https://arxiv.org/abs/1504.01386).
- [11] M. Duerr, A. Grohsjean, F. Kahlhoefer et al., “Hunting the Dark Higgs”, *JHEP* **04** (2017), no. DESY-17-016, 143, [doi:10.1007/JHEP04\(2017\)143](https://doi.org/10.1007/JHEP04(2017)143), [arXiv:1701.08780](https://arxiv.org/abs/1701.08780).
- [12] GEANT4 Collaboration, “GEANT4: A Simulation Toolkit”, [doi:10.1016/S0168-9002\(03\)01368-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(03)01368-8).
- [13] ATLAS Collaboration, “The Simulation Principle and Performance of the ATLAS Fast Calorimeter Simulation FastCaloSim”, 2010.
- [14] CMS Collaboration, S. Abdullin, P. Azzi, F. Beaudette et al., “The Fast Simulation of the CMS Detector at LHC”, in *Proceedings, 18th International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics (CHEP 2010): Taipei, Taiwan, October 18-22, 2010*,

volume 331 of *Yamada Conference Lx On Research in High Magnetic Fields*, p. 032049.
2011. doi:[10.1088/1742-6596/331/3/032049](https://doi.org/10.1088/1742-6596/331/3/032049).

[15] “International Masterclasses – Hands on Particle Physics”.

[16] U. Nations, “International Day of Women and Girls in Science”.



Thiago Rafael Fernandez Perez Tomei

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/8046594106198115>

Última atualização do currículo em 05/11/2021

Bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq - Nível 2

Resumo informado pelo autor

Físico formado pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP) com Bacharelado obtido em 2006. Doutor em Física pelo Instituto de Física Teórica da UNESP (IFT-UNESP) desde 2012. Bolsista de Iniciação Científica CAPES no Laboratório de Instrumentação e Partículas do Departamento de Física Geral do IFUSP de 2004 a 2005. Bolsista de Doutorado FAPESP no São Paulo Research and Analysis Center, SPRACE e no IFT-UNESP de 2006 a 2012. Bolsista de Pós-Doutorado "Ciência sem Fronteiras" no CERN de 2012 a 2013. Bolsista de Pós-Doutorado FAPESP no SPRACE e no IFT-UNESP de 2013 a 2016. Pesquisador IV do Núcleo de Computação Científica da UNESP desde 2016. Bolsista de Produtividade PQ-2 desde 2017. Tem experiência na área de Física Experimental. Participante da Colaboração "Compact Muon Solenoid" do CERN. Participante do projeto SPRACE -- São Paulo Research and Analysis Center, (<http://www.sprace.org.br>), financiado por Projeto Temático da FAPESP. Como membro da Colaboração CMS, é co-autor de mais de 1000 artigos científicos. Apenas os 200 primeiros estão listados no Currículo Lattes. Para informação completa sobre a lista de artigos da Colaboração CMS, por favor acesse: <http://cms-results.web.cern.ch/cms-results/public-results/publications/> Se estiver com dificuldades de abrir este currículo Lattes, por favor acesse: <https://sprace.org.br/twiki/bin/view/Main/ThiagoRTomei>
(Texto informado pelo autor)

Nome civil

Nome Thiago Rafael Fernandez Perez Tomei

Dados pessoais

Filiação Vinício Orlando Tomei e Maria Teresa Fernandez Perez


Nascimento 24/12/1983 - Recife/PE - Brasil

Carteira de Identidade 306916757 SSP/SP - SP - 30/06/2004

CPF 326.863.028-60

Passaporte YA376297

Formação acadêmica/titulação

- 2006 - 2012** Doutorado em Física.
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Sao Paulo, Brasil
Título: Busca por Dimensões Extras no Detector CMS do Large Hadron Collider, Ano de obtenção: 2012
Orientador: Sérgio Ferraz Novaes 
Bolsista do(a): Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
- 2002 - 2005** Graduação em Bacharelado em Física.
Universidade de São Paulo, USP, Sao Paulo, Brasil
Bolsista do(a): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Pós-doutorado

- 2015 - 2016** Pós-Doutorado .
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Sao Paulo, Brasil
Bolsista do(a): Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
- 2013 - 2015** Pós-Doutorado .
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Sao Paulo, Brasil
Bolsista do(a): Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
- 2015 - 2015** Pós-Doutorado .
European Organization for Nuclear Research, CERN, Meyrin, Suíça
Bolsista do(a): Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
- 2012 - 2013** Pós-Doutorado .
European Organization for Nuclear Research, CERN, Meyrin, Suíça
Bolsista do(a): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Atuação profissional

1. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP

Vínculo institucional

2016 - Atual Vínculo: Servidor público , Enquadramento funcional: Pesquisador IV , Carga horária: 40, Regime: Dedicção exclusiva

Atividades

08/2021 - Atual Pós-graduação, Física

- Disciplinas ministradas:*
Partículas Elementares
- 03/2020 - 06/2020** Pós-graduação, Física
- Disciplinas ministradas:*
Partículas Elementares
- 03/2020 - 03/2020** Extensão Universitária, Núcleo de Computação Científica
- Especificação:*
Apresentação de Palestra: A Estrutura Elementar da Matéria
- 03/2019 - 03/2019** Extensão Universitária, Núcleo de Computação Científica
- Especificação:*
Apresentação de Palestra: A Estrutura Elementar da Matéria
- 03/2019 - 06/2019** Pós-graduação, Física
- Disciplinas ministradas:*
Mecânica Quântica II
- 08/2018 - 11/2018** Pós-graduação, Física
- Disciplinas ministradas:*
Mecânica Quântica II
- 03/2018 - 03/2018** Extensão Universitária, Núcleo de Computação Científica
- Especificação:*
Apresentação de Palestra: A Estrutura Elementar da Matéria
- 08/2017 - 12/2017** Pós-graduação, Física
- Disciplinas ministradas:*
Partículas Elementares II
- 03/2017 - 03/2017** Extensão Universitária, Núcleo de Computação Científica
- Especificação:*
Apresentação de Palestra: Os Aceleradores de Partículas e as Experiências do CERN
- 03/2016 - Atual** Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade Estadual Paulista
- Linhas de pesquisa:*
Física Experimental de Altas Energias

Linhas de pesquisa

1. Física Experimental de Altas Energias

Revisor de projeto de agência de fomento**1. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq****Vínculo**

2017 - Atual Regime: Parcial

2. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP**Vínculo**

2016 - Atual Regime: Parcial

Produção**Produção bibliográfica****Trabalhos publicados em anais de eventos (completo)**

1. **TOMEI, T. R. F. P.**
The CMS Trigger upgrade for the HL-LHC In: CHEP2019: 24th International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics, 2019
Proceedings of CHEP2019: 24th International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics. , 2019.
2. **Fernandez Perez Tomei, T. R.**
Evolution of online algorithms in ATLAS and CMS in Run 2 In: The Fifth Annual Conference on Large Hadron Collider Physics (LHCP 2017), 2017, Shanghai.
Proceedings of The Fifth Annual Conference on Large Hadron Collider Physics (LHCP 2017). , 2017.
3. **Fernandez Perez Tomei, T.**
Trigger Algorithms for Alignment and Calibration at the CMS Experiment In: 38th International Conference on High Energy Physics, 2016, Chicago.
Proceedings of the 38th International Conference on High Energy Physics. , 2016.
4. **Fernandez Perez Tomei, T.**
Performance of electron, photon and muon triggers at the CMS High Level Trigger In: XXVII International Symposium on Lepton Photon Interactions at High Energies, 2015, Ljubljana.
Proceedings of the XXVII International Symposium on Lepton Photon Interactions at High Energies (LeptonPhoton 2015). , 2015.
5. **TOMEI, T. R. F. P.**
Exotic Searches in the LHC In: Rencontres de Moriond: EW Interactions and Unified Theories
Proceedings of Rencontres de Moriond: EW Interactions and Unified Theories. , 2014.

Apresentação de trabalho e palestra

1.  **TOMEI, T. R. F. P.**
CMS Perspectives for the High-Luminosity LHC Era. 2021. (Conferência ou palestra, Apresentação de Trabalho)

2. **TOMEI, T. R. F. P.**
Dark Matter Searches in Colliders, 2020. (Conferência ou palestra, Apresentação de Trabalho)
3. **TOMEI, T. R. F. P.**
Machine Learning Techniques for HL-LHC Tracking in CMS, 2019. (Conferência ou palestra, Apresentação de Trabalho)
4. **TOMEI, T. R. F. P.**
Searches for dark matter at CMS, 2019. (Conferência ou palestra, Apresentação de Trabalho)
5.  **TOMEI, T. R. F. P.**
The CMS Trigger upgrade for the HL-LHC, 2019. (Congresso, Apresentação de Trabalho)
6.  **TOMEI, T. R. F. P.**
Evolution of online algorithms in ATLAS and CMS in Run2, 2017. (Congresso, Apresentação de Trabalho)
7. **TOMEI, T. R. F. P.**
Searches for a Diboson Resonance with the CMS Experiment, 2017. (Conferência ou palestra, Apresentação de Trabalho)
8. **TOMEI, T. R. F. P.**
Search for Dark Matter at CMS, 2016. (Conferência ou palestra, Apresentação de Trabalho)
9. **TOMEI, T. R. F. P.**
Trigger Algorithms for Alignment and Calibration at CMS, 2016. (Congresso, Apresentação de Trabalho)
10. **TOMEI, T. R. F. P.**
Performance of electron, photon and muon triggers at the CMS High Level Trigger, 2015. (Congresso, Apresentação de Trabalho)
11. **TOMEI, T. R. F. P.**
Exotic Searches in the LHC, 2014. (Congresso, Apresentação de Trabalho)
12.  **TOMEI, T. R. F. P.**
Search for BSM physics with boosted vector bosons in the CMS experiment, 2014. (Conferência ou palestra, Apresentação de Trabalho)

Demais produções bibliográficas


1. **TOMEI, T. R. F. P.; VARGAS, J. C. R.; NOVAES, S. F.; AHUJA, S.**
Search for new diboson resonances in semileptonic and hadronic final states at $\sqrt{s} = 13$ TeV. Nota Interna. , 2015. (Outra produção bibliográfica)
2. **SANTOS, A. S.; Mercadante, P.; TOMEI, T. R. F. P.**
Search for heavy di-Higgs resonances decaying to 4 bottom quarks. Nota Interna. , 2014. (Outra produção bibliográfica)
3. **Bernardes, C. A.; TOMEI, T. R. F. P.; SANTOS, A. S.; Mercadante, P.G.; NOVAES, S. F.**
Search for narrow resonances decaying to tau leptons and a jet in the boosted regime. Nota Interna. , 2014. (Outra produção bibliográfica)
4. **Bonato, A.; GEROSA, R.; Gouzevitch, M.; Hinzmann, A.; LI, Q.; Liu, S.; Maksimovic, P.; Pierini, M.; Rappocci, S.; Santanastasio, F.; TOMEI, T. R. F. P.; Tran, N.**
Identifying Hadronically Decaying W Bosons Merged into a Single Jet, CMS AN-2013/072. Nota Interna. , 2013. (Outra produção bibliográfica)
5. **Bernardes, C. A.; Bonato, A.; GEROSA, R.; Govoni, P.; Hinzmann, A.; LI, Q.; Liu, S.; Maksimovic, P.; Mercadante, P.G.; Mozer, M.; Novaes, S.F.; Pierini, M.; TOMEI, T. R. F. P.**
Search for a BSM resonance decaying to W vector bosons in the semileptonic final state. Nota Interna. , 2013. (Outra produção bibliográfica)
6. **Bernardes, C. A.; Bonato, A.; GEROSA, R.; Govoni, P.; Hinzmann, A.; LI, Q.; Liu, S.; Maksimovic, P.; Mercadante, P.G.; Mozer, M.; Novaes, S.F.; Pierini, M.; TOMEI, T. R. F. P.**
Search for a BSM resonance decaying to W vector bosons in the semileptonic final state (update of EXO-12-021 using 22Jan2013 rereco), CMS AN-2013/381. Nota Interna. , 2013. (Outra produção bibliográfica)
7. **Bernardes, C. A.; Bonato, A.; GEROSA, R.; Govoni, P.; Hinzmann, A.; LI, Q.; Liu, S.; Maksimovic, P.; Mercadante, P.G.; Mozer, M.; Novaes, S.F.; Pierini, M.; TOMEI, T. R. F. P.**
Search for a BSM resonance decaying to Z vector bosons in the semileptonic final state. Nota Interna. , 2013. (Outra produção bibliográfica)
8. **Bernardes, C. A.; Bonato, A.; GEROSA, R.; Govoni, P.; Hinzmann, A.; LI, Q.; Liu, S.; Mercadante, P.G.; Mozer, M.; Novaes, S.F.; Pierini, M.; TOMEI, T. R. F. P.**
Search for a BSM resonance decaying to Z vector bosons in the semileptonic final state (update of EXO-12-021 using 22Jan2013 rereco), CMS AN-2013/393. Nota Interna. , 2013. (Outra produção bibliográfica)
9. **TOMEI, T. R. F. P.; NOVAES, S. F.; SPIROPULU, M.; PIERINI, M.**
Search for Randall-Sundrum Gravitons Decaying into a Jet plus Missing ET at CMS, CMS-AN-2011/226. Nota Interna. , 2011. (Outra produção bibliográfica)
10. **TOMEI, T. R. F. P.; BONA, M.; MARCO, E.; LYKKE, J. D.; MERIDIANI, P.; PIERINI, M.; ROGAN, C.; ROVELLI, C.; SEGONI, I.; SPIROPULU, M.; ZANETTI, M.**
The W+jets/Z+jets Ratio at CMS with pp collisions at center-of-mass energy 10 TeV, CMS-AN-2009/045. Nota Interna. , 2009. (Outra produção bibliográfica)
11. **TOMEI, T. R. F. P.; BONA, M.; MARCO, E.; LYKKE, J. D.; MERIDIANI, P.; PIERINI, M.; ROGAN, C.; ROVELLI, C.; SEGONI, I.; SPIROPULU, M.; ZANETTI, M.**
The Z+jets 'candle' in dielectron+jets and dimuon+jets final states at CMS with pp collisions at center-of-mass energy 10 TeV, CMS-AN-2009/092. Nota Interna. , 2009. (Outra produção bibliográfica)
12. **TOMEI, T. R. F. P.; PIERINI, M.; SPIROPULU, M.; SEGONI, I.**
ALPGEN VB+jets Validation Studies, CMS-AN-2008/091. Nota Interna. , 2008. (Outra produção bibliográfica)
13. **TOMEI, T. R. F. P.; MARCO, E.; ROVELLI, C.; PIERINI, M.; ROGAN, C.; SPIROPULU, M.; BONA, M.; DOBUR, D.; LYKKE, J. D.; MERIDIANI, P.; SEGONI, I.; VANELDEREN, L.; ZANETTI, M.**
The Ratio of $W(\rightarrow e \nu) + N$ jets to $Z(\rightarrow e \nu) + N$ jets Versus N, CMS-AN-2008/096. Nota Interna. , 2008. (Outra produção bibliográfica)
14. **TOMEI, T. R. F. P.; BONA, M.; PIERINI, M.; ROGAN, C.; SEGONI, I.; SPIROPULU, M.; MARCO, E.; DOBUR, D.; FELDESH, R.; LYKKE, J. D.; MERIDIANI, P.; ROVELLI, C.; VANELDEREN, L.; ZANETTI, M.**
The Ratio of $W(\rightarrow \mu \nu) + N$ jets to $Z(\rightarrow \mu \mu) + N$ jets Versus N, CMS-AN-2008/105. Nota Interna. , 2008. (Outra produção bibliográfica)
15. **TOMEI, T. R. F. P.; SPIROPULU, M.; PIERINI, M.; MARCO, E.; ROGAN, C.; ROVELLI, C.; BONA, M.; DOBUR, D.; LYKKE, J. D.; MERIDIANI, P.; SEGONI, I.; VANELDEREN, L.; ZANETTI, M.**
The $Z(\rightarrow e) +$ jets data candle, CMS-AN-2008/092. Nota Interna. , 2008. (Outra produção bibliográfica)
16. **TOMEI, T. R. F. P.; BONA, M.; PIERINI, M.; ROGAN, C.; SPIROPULU, M.; ZANETTI, M.; MARCO, E.; DOBUR, D.; LYKKE, J. D.; MERIDIANI, P.; ROVELLI, C.; SEGONI, I.; VANELDEREN, L.**
The $Z(\rightarrow \mu) +$ jets data candle, CMS-AN-2008/095. Nota Interna. , 2008. (Outra produção bibliográfica)

Produção técnica


Trabalhos técnicos

1.  TOMEI, T. R. F. P.
The Phase-2 Upgrade of the CMS Data Acquisition and High Level Trigger, 2021


Orientações e Supervisões**Orientações e supervisões****Orientações e supervisões concluídas****Dissertações de mestrado: orientador principal**

1.  Breno Orzari. **Prospects of a Search for Dark Higgs at CMS**. 2020. Dissertação (Física) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Inst. financiadora: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo


Teses de doutorado: co-orientador

1.  José Ruiz Cupertino Vargas. **Search for new resonances in the merged jet plus dilepton final state in CMS**. 2017. Tese (Física) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Inst. financiadora: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo


Iniciação científica

1.  Gianni Shigeru Setoue Liveraro. **Introdução à Física de Altas Energias**. 2018. Iniciação científica (Física Médica) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Inst. financiadora: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

Orientações e supervisões em andamento**Dissertações de mestrado: orientador principal**

1.  João Paulo de Souza Böger. **Search for New Physics with the CMS Experiment at the Large Hadron Collider**. 2020. Dissertação (Física) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Inst. financiadora: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

Teses de doutorado: orientador principal

1.  Breno Orzari. **Dark Matter Search with Long-Lived Particles with the CMS Experiment at the LHC**. 2020. Tese (Física) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Inst. financiadora: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

Página gerada pelo sistema Currículo Lattes em 05/11/2021 às 02:13:12.