



FORÇA AÉREA BRASILEIRA
Asas que protegem o País



SIGE 2023

SIMPÓSIO DE APLICAÇÕES OPERACIONAIS EM ÁREAS DE DEFESA

Sensoriamento Remoto Quântico aplicado na Defesa Nacional

Jullyano Lino (Ânima Educação)
Ines Brosso (Ânima Educação)

REALIZAÇÃO



APOIO



PARCEIROS



PATROCÍNIO



Agenda



Introdução

Fundamentos & Contextualização

Tecnologias Quânticas na Defesa Nacional

Conclusões & Trabalhos futuros





Introdução

Novo paradigma = Tecnologias militares + Mecânica Quântica

Segurança cibernética, Comunicação, Criptografia, Metrologia

Sensoriamento remoto

RADAR (*Radio Detection and Ranging*)

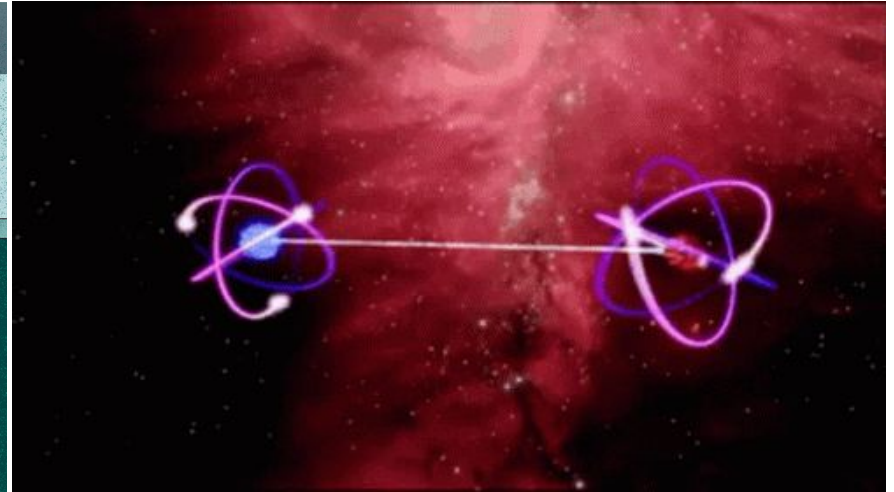
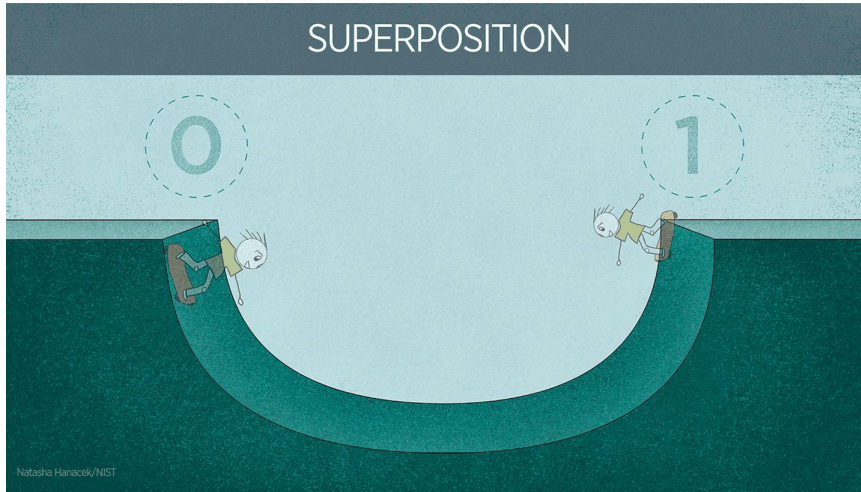
LIDAR (*Light Detection and Ranging*)



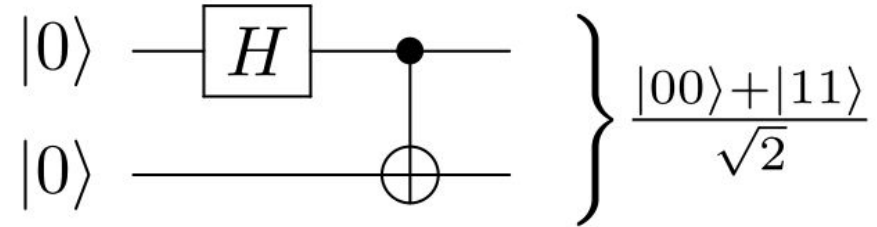
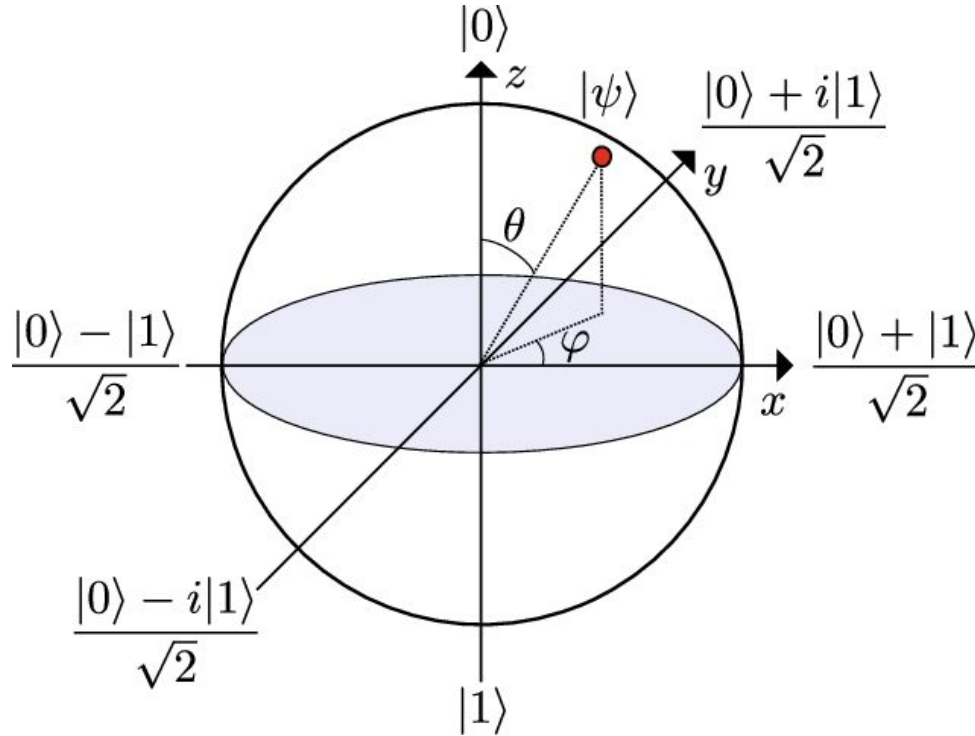
Fundamentos & Contextualização



Superposição e Emaranhamento



Fundamentos & Contextualização



Tecnologias Quânticas na Defesa Nacional



Tecnologias Quânticas:

- Aplicações **duais**: comércio e defesa
- **Atores**: militares, governos e organizações pacificadoras
- Áreas:
 - Computação (simuladores, IA)
 - Comunicação (criptografia)
 - **Sensoriamento** (medida e monitoramento)

Maturidade x Tempo



Tecnologia	Nível de Prontidão Tecnológica	<i>Horizonte de Tempo</i>
Computador quântico (<i>annealer</i>)	4-5 (5-6)	2030
Distribuição de chave quânticas (satélite)	7-8 (6-7)	2025 (2030)
Criptografia pós-quântica	7-8	2025
Redes quânticas de comunicação	1-3	2030-2035
Navegação inercial quântica	4-5	2025-2030

Maturidade x Tempo



Tecnologia	Nível de Prontidão Tecnológica	<i>Horizonte de Tempo</i>
Relógios quânticos	4-6	2030
Radar quântico	1-2	N/A
Antena quântica de radiofrequência	4	2025-2030
Sensoriamento quântico de magnetismo e gravidade	5-6	2025
Sensoriamento quântico de imagens	5	2025-2030

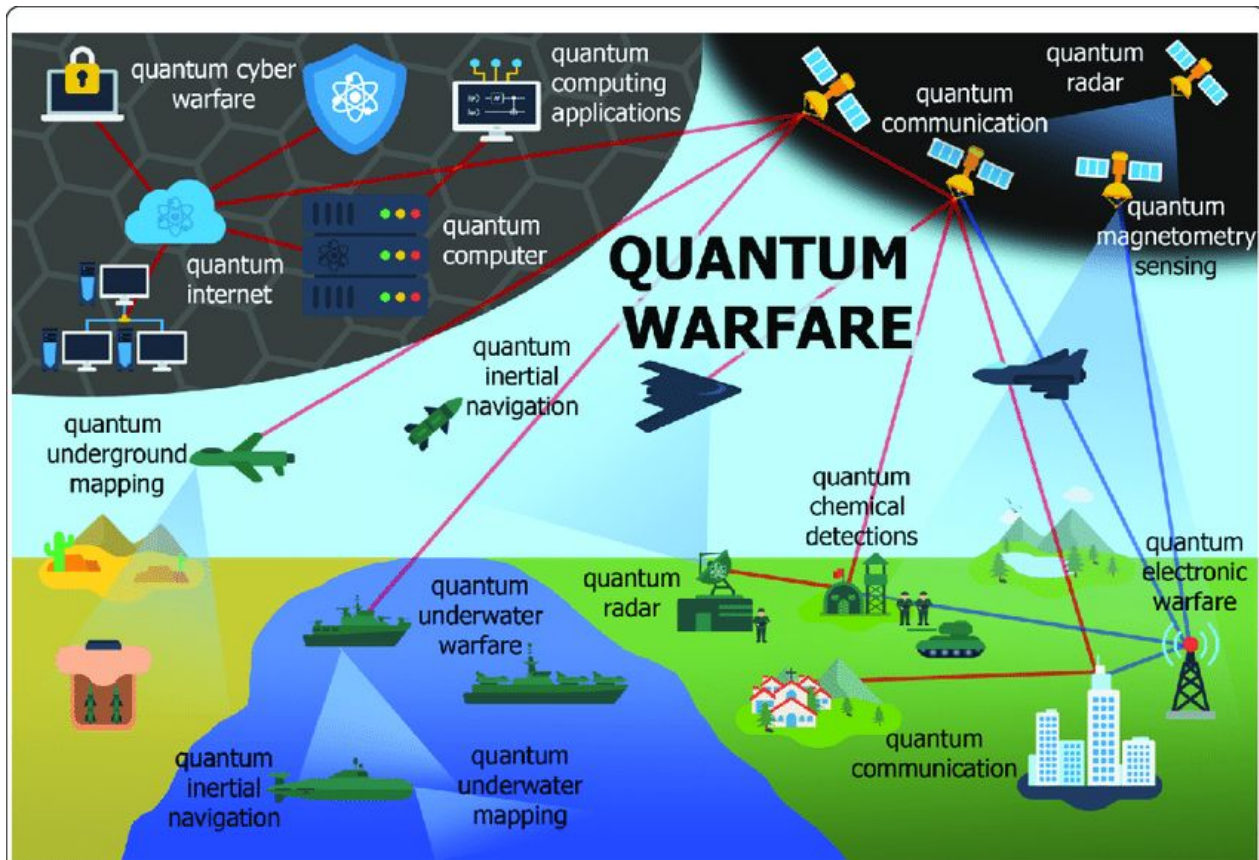
“Guerra Quântica”



Inteligência, Segurança
e Defesa.

Sistemas clássicos +
computadores quânticos

Sistemas SIGINT e
COMINT puramente
quânticos



Sensoriamento Remoto e Defesa



Abordagem tradicional:

- Vigilância
- Reconhecimento de alvos & Mapeamento de terrenos
- Defesa antiaérea
- Efeito Doppler (velocidade) + “Temporização” (distância)

RADAR e LIDAR

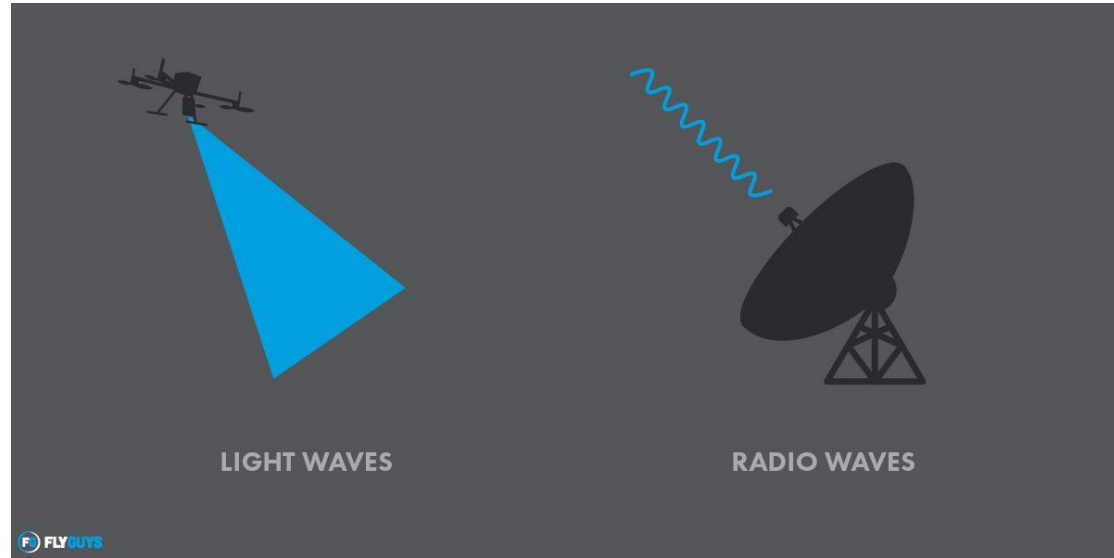
Microondas x Infravermelho

Pulso x Reflexão

Frequência x Laser

Alcance x Precisão

Deteccção x Mapeamento



Sensoriamento Quântico



Protocolos da **óptica quântica** relacionam o **emaranhamento de fótons**, viabilizam a **supressão de ruído e resolução dos objetos** e detectam objetos em ambientes opticamente **impermeáveis**.

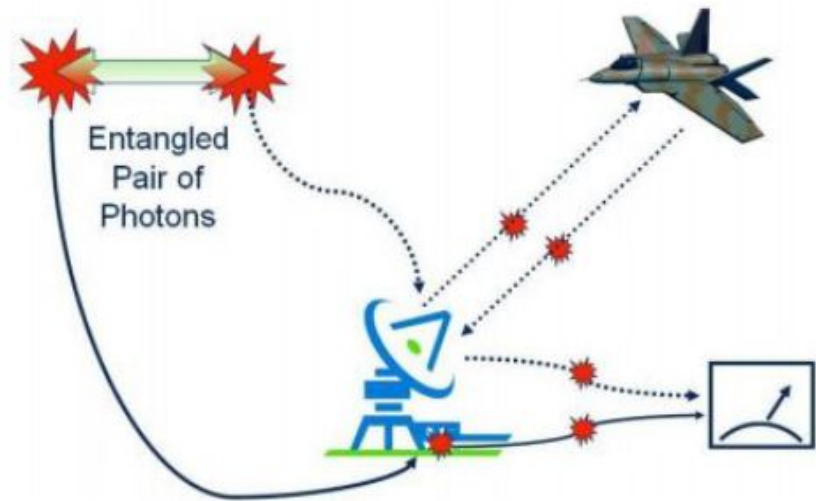
RADAR e LIDAR Quânticos



Emaranhamento quântico.

Operação diurna e noturna.

Penetração de oclusões e capacidade de capturar dados por meio da análises comparativas dos resultados.



Quantum Radars

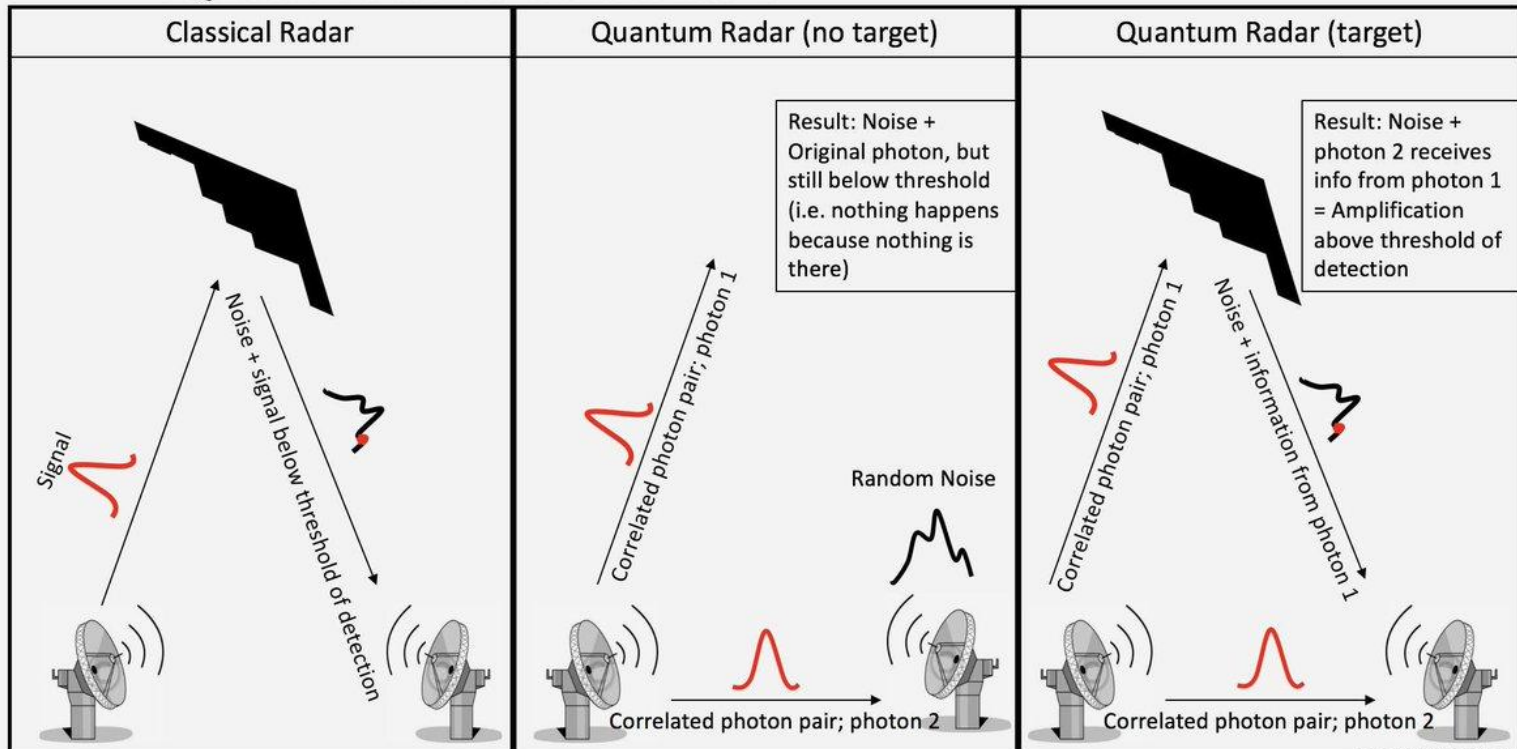
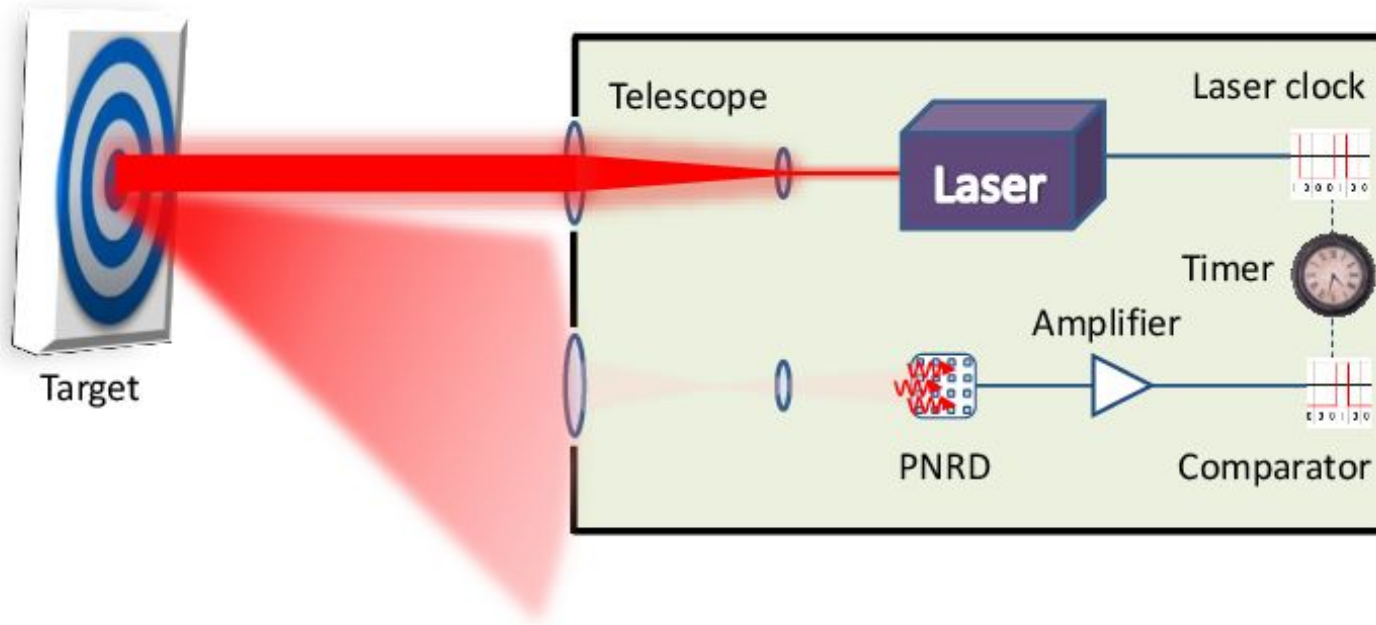


Image by Jamie Withorne

LIDAR Quântico



Otimização da taxa de Sinal-Ruído com
Detecção de resolução de número de fótons.

RADAR e LIDAR Quânticos



Vantagens:

- Sensibilidade a alvos furtivos ou de baixa assinatura em ambientes ruidosos
- Resolução: superação dos limites de difração (potência óptica, atmosfera, etc.)
- Precisão: detecção de mínimas alterações ambientais
- Segurança: espionagem/sabotagem perturba os estados quânticos

RADAR e LIDAR Quânticos



Desafios:

- Perda de fótons: em longas distâncias ou sob limiar de ruído inviável
- Criação, gerenciamento e detecção de estados quânticos
- Decoerência dos estados quânticos
- Integração com a infraestrutura de defesa: singularidade e sensibilidade

Aplicações



LIDAR de fóton único: distâncias de mais de **8 km**.

RADAR quântico: **rádio quântico em submarinos** (detecção de sinais magnéticos de Rubídio (Rb) modulados digitalmente).

“Anéis” de Anti-Access/Area Denial (**A2/AD**) - China e Rússia



Conclusões & Trabalhos futuros

Planejamento Baseado em Capacidades (**PBC**)

necessidades x cenários x restrições

Custo de operação X Custo de aquisição proibitivo

Operação sob temperaturas próximas do **zero absoluto** ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou 0 K)

Conclusões & Trabalhos futuros



“*Guerra Quântica*”: implicações **estratégicas, doutrinárias e geopolíticas**

“Aplicação de TQ em operações militares exige **pesquisa e desenvolvimento** sustentados no **longo prazo**.”

(*U.S. Air Force Scientific Advisory Board*, 2015)

Questões **éticas e desarmamentistas** (novas armas, novos alvos)



Conclusões & Trabalhos futuros

IVR (Inteligência, Vigilância e Reconhecimento)

Superação de *ghost imaging* (nuvens, fumaça, etc.)

41% a mais de eficiência contra aeronaves furtivas

Vigilância e coleta de dados

PNT (Posicionamento, Navegação e Temporização)

Navegação inercial na **defesa antiaérea**





Conclusões & Trabalhos futuros

Deteccção e rastreamento de corpos celestes (**gravimetria** + *laser*)

Condução de operações antiterroristas

Redes densas de sensores (A2/AD)

Miniaturização de sensores (*stealth* e anti-EW)

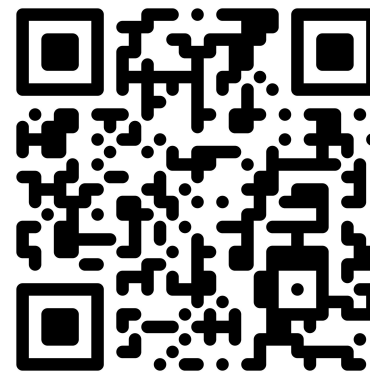
Contatos



Ines Brosso
(maria.pioltine@saojudas.br)



Jullyano Lino
(jullyanolino@gmail.com)



Agradecimentos

