

## Processamento da informação quântica via ressonância magnética nuclear

**Pesquisador responsável:** [Tito José Bonagamba](#)



**Beneficiário:** [Tito José Bonagamba](#)



**Instituição-sede da pesquisa:** [Instituto de Física de São Carlos \(IFSC\), Universidade de São Paulo \(USP\), São Carlos, SP, Brasil](#)

**Área do conhecimento:** [Ciências Exatas e da Terra - Física - Física da Matéria Condensada](#)

**Linha de fomento:** [Auxílio à Pesquisa - Regular](#)

**Processo:** 12/02208-5

**Vigência:** 01 de junho de 2012 - 31 de maio de 2014

**Assunto(s):** [Ressonância magnética nuclear](#) [Supercondutividade](#) [Informação quântica](#) [Computação quântica](#)

### Resumo

Nosso grupo tem dedicado esforços para o desenvolvimento da Computação Quântica e Informação Quântica (CQIQ) via RMN, tendo publicado artigos e um livro sobre o tema. No momento, estamos estabelecendo colaborações no sentido de aplicar as metodologias de RMN desenvolvidas para a realização de experimentos associados com temas mais fundamentais da CQIQ. Para o desenvolvimento das propostas que estão surgindo, necessitamos de um magneto supercondutor de 9,4 T, visto que dispomos de consoles de RMN aptos para realizar experimentos de CQIQ. Como não dispomos desse magneto, estamos impedidos de desenvolver novos experimentos em nosso grupo, origem do desenvolvimento experimental dessa área de pesquisa no Brasil. Este magneto tinha sido solicitado em um projeto aprovado pela FAPESP, porém, em função das observações dos assessores, o retiramos da proposta, para acelerar sua aprovação. No entanto, inserimos as justificativas para sua aquisição. Apesar de dois dos novos pareceres, em função das justificativas apresentadas, indicarem que o projeto deveria ter sido aprovado na íntegra, incluindo o magneto supercondutor, este não foi incluído dentro da lista dos itens aprovados. Em termos dos projetos, entendemos que é possível implementar um análogo macroscópico de um processador de informação quântica através da RMN. A partir da criação de estados pseudo-puros, vários protocolos e algoritmos quânticos para o processamento da informação quântica (PIQ) foram implementados. A RMN permitiu também o teste experimental de diversas propostas ligadas ao PIQ, com uma precisão raramente igualada por outras técnicas. Portanto, a RMN é uma poderosa ferramenta para testes de princípios físicos relacionados ao PIQ. No entanto, os estados pseudo-puros utilizados pela RMN não apresentam emaranhamento, exceto em casos especiais. Este fato leva ao questionamento sobre a natureza quântica das implementações de RMN para PIQ. Por outro lado, foi demonstrada que a existência de estados emaranhados é uma condição necessária, mas não é suficiente para a CQIQ. Existem também outras características importantes da RMN, como a eficácia na implementação e manipulação dos estados quânticos. Considerando que uma das principais características da RMN é o excelente controle das transformações unitárias, proporcionadas pelo uso de pulsos de radiofrequência, esta técnica permite obter métodos muito eficazes para o PIQ. Por outro lado, demonstramos que a existência de correlações quânticas diferentes do emaranhamento pode ser outro motivo para o sucesso das implementações através da RMN. É possível medir tais correlações quânticas a partir de uma quantidade denominada discórdia quântica. Alguns estados mistos separáveis, ou estados não-emaranhados, apresentam discórdia quântica não-nula, indicando a presença de correlações não-clássicas mais gerais que o próprio emaranhamento. Os algoritmos que usam essas correlações quânticas para PIQ apresentam vantagens quando comparados aos seus análogos clássicos. Portanto, este tipo de correlação aparenta ter um papel significativo nos protocolos de processamento de informação. Tendo isso em mente, e também que os estados de RMN são

estados mistos separáveis, demonstramos teórico-experimentalmente, via tomografia de estado quântico e cálculo da discórdia quântica, a existência de tais correlações num sistema de RMN, bem como os efeitos da descoerência sobre tais correlações. Esse estudo corrobora a idéia de que existe efetivamente uma natureza quântica nas implementações de RMN para PIQ. Entre os projetos que pretendemos desenvolver com a utilização do novo magneto supercondutor, levando-se em conta as considerações apresentadas, destacamos: i) Medidas de correlações clássicas e quânticas e sua utilização no processamento da informação por RMN; ii) Estudos de descoerência e proteção de estados quânticos através RMN; iii) Fases Geométricas e RMN; e iv) Simulação de sistemas quânticos bosônicos via RMN de sistemas quadrupolares. (AU)

### **PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS**

**(Referências obtidas automaticamente do Web of Science e do SciELO, por meio da informação sobre o financiamento pela FAPESP e o número do processo correspondente, incluída na publicação pelos autores)**

TELES, JOAO; RIVERA-ASCONA, CHRISTIAN; POLLI, ROBERSON S.; OLIVEIRA-SILVA, RODRIGO; VIDOTO, EDSON L. G.; ANDREETA, JOSE P.; BONAGAMBA, TITO J. [Experimental implementation of quantum information processing by Zeeman-perturbed nuclear quadrupole resonance.](#) **QUANTUM INFORMATION PROCESSING**, v. 14, n. 6, p. 1889-1906, JUN 2015. Citações Web of Science: 0.

SILVA, I. A.; GIROLAMI, D.; AUCCAISE, R.; SARTHOUR, R. S.; OLIVEIRA, I. S.; BONAGAMBA, T. J.; DEAZEVEDO, E. R.; SOARES-PINTO, D. O.; ADESSO, G. [Measuring Bipartite Quantum Correlations of an Unknown State.](#) **Physical Review Letters**, v. 110, n. 14 APR 3 2013. Citações Web of Science: 27.