

# OBSERVAÇÕES EM UM LABORATORIO DE SUPERCONDUTIVIDADE E MAGNETISMO: ASPECTOS METODOLÓGICOS E EPISTEMOLÓGICOS

MARIA CECILIA PEREIRA SANTAROSA \*<sup>1</sup>, MARA FERNANDO PARISOTO †<sup>2</sup>, and MARCO ANTONIO MOREIRA ‡<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dept<sup>o</sup> de Matemática, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>3</sup>Dept<sup>o</sup> de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre, RS, Brasil

## Resumo

*O presente artigo tem o propósito de descrever e analisar eventos observados no Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Trata-se de uma atividade vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física desta Instituição, no formato de uma disciplina intitulada Estágio Supervisionado em Laboratório de Pesquisa. A metodologia utilizada para o estudo é qualitativa, descritiva e interpretativa, fundamentada em observações participantes e em uma entrevista semiestruturada. São analisadas questões teóricas, metodológicas e epistemológicas relacionadas à rotina de laboratório e às pesquisas atualmente realizadas na área da Supercondutividade e do Magnetismo. Buscou-se, também, identificar a visão de ciência que compartilham os pesquisadores naquele contexto. O trabalho teve origem em 120 horas de observação (60 horas realizadas por cada uma das duas co-autoras do trabalho), inserção e prática dentro do Laboratório, a fim de que, como profissionais em Ensino de Física, pudessem alcançar uma significativa vivência acerca das práticas experimentais realizadas. Discute-se a importância desta experiência para a formação profissional em Ensino de Física.*

Palavras-chave: Laboratório de Pesquisa em Física; Observação Participante; Fundamentos Metodológicos; Fundamentos Epistemológicos; Supercondutividade e Magnetismo.

---

\*mcpssrosa@gmail.com

†marafisica@hotmail.com

‡moreira@if.ufrgs.br

### Abstract

*This paper aims to describe and analyze events observed in the Superconductivity and Magnetism Laboratory of the Institute of Physics of the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Brazil. It is an activity linked to the Graduate Program in Physics Teaching of that institution, in a discipline entitled: Supervised Stage in Laboratory Research. The methodology used for the study is qualitative, descriptive and interpretative, based on participant observation and in a semistructured interview. Theoretical, methodological and epistemological issues related to the lab routine and to research currently being conducted in the field of superconductivity and magnetism are analyzed. We also sought to identify the vision of science that researchers share in that context. The work originated from 120 hours of observation (60 hours performed by each of two co-authors of the paper), insertion and practice within the laboratory, so that, as professionals in physics teaching, they could achieve a significant experience about the experimental practices performed. The importance of this experience for professional training in physics teaching is discussed.*

**Keywords:** Research Laboratory in Physics; Participant Observation; Methodological Foundations; Epistemological Foundations; Superconductivity and Magnetism.

## 1 INTRODUÇÃO

Conhecer o funcionamento de um Laboratório de Pesquisa em Física e identificar as relações que norteiam fundamentos teóricos e experimentais é essencial para a formação de um pesquisador da área do Ensino de Física (Latour, 2000). A prática no Laboratório é cativante e instigadora devido, principalmente, às constantes contribuições da Física Experimental para a vida das pessoas. Tais contribuições são na maioria das vezes indiretas, pois o maior foco da Física Experimental nas Universidades é fazer pesquisa acadêmica, ou seja, produzir conhecimentos que podem ou não serem convertidos em aplicações. Entretanto, muitas vezes, este conhecimento gerado fica restrito às academias, levando tempo considerável para ser utilizado em pesquisas de outras áreas, além de estar muito distante da realidade da sala de aula. Por exemplo, a produção dos Raios-X, seu entendimento e a consequente aplicação na Tomografia é muito importante do ponto de vista social. No entanto, a sociedade tem estado distante desta realidade devido à compartimentalização do conhecimento gerado nas academias.

Um fator importante a ser considerado são os fatos históricos presentes nos livros textos, onde se atribui determinada descoberta a uma única pessoa ou a um único evento, ou mesmo a eventos isolados. Ao contrário, como professores de áreas científicas, devemos estar constantemente nos questionando, além de proporcionar aos nossos alunos meios de se questionarem, a respeito de como se deu o desenvolvimento da metodologia científica, ao longo da evolução da humanidade. A motivação para a apresentação do presente manuscrito se deu a partir da busca de respostas a estas perguntas, que começaram a surgir na disciplina de Fundamentos Epistemológicos para o Ensino de Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), ficando ainda mais evidentes ao longo de 120 horas de observações (60 horas observadas individualmente por cada uma das duas co-autoras do trabalho) realizadas no Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo do IF/UFRGS. A experiência

revelou uma enorme riqueza de fatores que envolvem a construção da Ciência, além de proporcionar a aquisição de experiência e conhecimento acerca dos temas investigados e técnicas utilizadas pelos físicos experimentais.

Iniciamos apresentando uma visão geral do Laboratório, a partir da transcrição de uma entrevista semiestruturada, realizada com um professor pesquisador. Após, descrevemos alguns eventos que fazem parte do cotidiano do Laboratório, em termos de métodos e técnicas adotadas para o seu funcionamento. Em seguida apresentamos alguns relatos de alunos de Pós-Graduação inseridos no Laboratório, que são pertinentes aos propósitos do nosso estudo. Todos os sujeitos referenciados no texto são apresentados com nomes fictícios. Finalizamos o artigo apresentando uma análise geral feita em torno das observações realizadas e concluímos com a indicação do que entendemos por método científico, a partir da experiência no Laboratório.

## 2 VISÃO GERAL DO LABORATÓRIO

Nesta etapa do trabalho apresentamos a transcrição de uma entrevista semiestruturada<sup>1</sup> a fim de contextualizar nosso foco de análise: o Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo do IF/UFRGS.

**Entrevistadora:** *Boa tarde, professor. Gostaria de lhe fazer algumas perguntas referentes às atividades desenvolvidas no Laboratório. Quais são as Universidades que possuem parceria com o Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo?*

**Professor:** Boa tarde, nós possuímos parcerias com diversas Universidades. Em relação às Universidades locais da região, temos um projeto, que você provavelmente foi testemunha, que é o Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD), financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES). Neste projeto são três Universidades que estão conveniadas conosco, com o objetivo de dar apoio à Pós-Graduação e desenvolvê-la nestas Universidades. Então, estudantes e também os professores vem para o Laboratório e passam temporadas aqui fazendo medidas, das mais variadas. As quatro Universidades que fazem parte deste projeto são: a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), do Paraná, a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e a UFRGS, do Rio Grande do Sul.

Mas tem outro projeto que é mais voltado à pesquisa, embora a Pós-Graduação também esteja envolvida. Este projeto é financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Chama-se Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (PRONEX), envolvendo cinco Universidades no total: a UFRGS que é a sede, a UFSM, a UFPEL, a Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e a Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Então, este pessoal circula por aqui.

Além disso, nós temos algumas parcerias com Universidades do exterior. Já tivemos uma visita de uma estudante de uma universidade da Colômbia (Bogotá). Há um mês tivemos a visita de uma estudante de Córdoba, da Argentina. Estes não são projetos organizados. Nós já tivemos também visitas de estudantes da França. Então, temos aqui um intercâmbio bastante ativo.

---

<sup>1</sup>Neste tipo de entrevista as questões são formuladas de forma a permitir que o sujeito entrevistado discorra e verbalize seus pensamentos, tendências e reflexões sobre os temas apresentados (Rosa e Arnoldi, 2006).

**Entrevistadora:***No tempo em que estava fazendo as observações conheci o pessoal de Ponta Grossa e de Pelotas.*

**Professor:** Sim, de Ponta Grossa foi o Mário. Este estudante esteve aqui por três meses, fazendo as medidas para a pesquisa de mestrado dele. O pessoal de Pelotas vêm com bastante frequência, porque a cidade é próxima. Muitos deles se formaram aqui, então eles têm um vínculo forte com a instituição. Também tem o Marcus que fez o mestrado em Pelotas e agora está fazendo o doutorado aqui. Então, há várias pessoas de fora envolvidas no Laboratório.

**Entrevistadora:***Minha segunda pergunta é: quais são as linhas de pesquisa utilizadas no Laboratório?*

**Professor:** Os grandes temas são Supercondutividade e Magnetismo, como o próprio nome já diz, mas claro que cada um deles tem vários subtemas. Falar, por exemplo, de pesquisas em Supercondutividade é muito genérico, então nós temos algumas linhas de pesquisa nesta área, que envolvem quase sempre um estudante de Pós-Graduação.

**Entrevistadora:***Pelas minhas observações penso que a maioria dos usuários do Laboratório pesquisam sobre Efeito Hall, estou certa?*

**Professor:** Não, o Efeito Hall é a ferramenta, é uma técnica experimental que permite investigar o material supercondutor ou magnético. Uma técnica que se adapta a qualquer material que seja condutor de corrente, que é o caso, obviamente, dos supercondutores.

Estuda-se o Efeito Hall na chamada fase normal do supercondutor, ou seja, antes da temperatura crítica (a temperatura crítica é a temperatura acima da qual um gás não pode ser liquefeito por um aumento de pressão, isto é, o valor de temperatura acima do qual é impossível que um gás se condense, por maior que seja a pressão a que este se encontra submetido).

Semicondutores são condutores normais acima de determinada temperatura crítica e quando a temperatura vai abaixo desta temperatura a resistência vai a zero e o Efeito Hall também. Sendo assim, nesta região o pessoal não faz medidas do Efeito Hall nem da resistência, pois ambos são nulos, mas na região acima da temperatura crítica o Efeito Hall pode dar informações importantes sobre a estrutura eletrônica da matéria, buscando compreender a origem da Supercondutividade.

É neste sentido que temos estudado esta técnica experimental, para entendermos os supercondutores de alta temperatura crítica. Que é o caso da pesquisa da Paloma.

O João também utiliza muito esta técnica. Ele está fazendo uma tese que procura estudar a interação entre o Magnetismo e a Supercondutividade. Ele pesquisa certos sistemas em que as duas propriedades coexistem de alguma forma. Geralmente, estas propriedades são excludentes, mas há alguns sistemas em que esta coexistência é possível.

Outro que utiliza o Efeito Hall é o Fábio. A tese dele, diferente dos outros dois que mencionei anteriormente, é em Magnetismo, mas a técnica é muito útil para estudar o campo magnético envolvido no sistema.

Portanto, o Efeito Hall é uma técnica de investigação, assim como a magneto resistência que é a variação da resistividade em relação ao campo magnético. Em geral, os estudos utilizam as duas ferramentas, o que é chamado de magneto transporte, que em conjunto fornecem informações complementares sobre a estrutura da matéria.

**Entrevistadora:***Quantos equipamentos existem no Laboratório e que são atualmente utilizados para*

*fazer medidas?*

**Professor:** Um dos equipamentos é utilizado para fazer medidas de magneto transporte, este é o equipamento chamado *PPMS* (Sistema de Medição de Propriedades Físicas).

Tem outro equipamento que está logo na entrada do Laboratório que é o *SQUID* (*Superconducting Quantum Interference Device*). Ele difere do *PPMS*, pois mede as características magnéticas (momentum magnético) da amostra, o que nos permite estudar tanto os materiais magnéticos quanto os supercondutores, pois os supercondutores também têm uma resposta magnética. Este é outro equipamento importante para o Laboratório, mas temos vários outros.

Na outra sala tem a chamada *Magneto Impedância*, neste equipamento nós estudamos a condutividade elétrica sob a ação de campos magnéticos e da frequência, então a resposta é a impedância. Esta tem uma parte exercida e uma parte reativa que se deve a um campo magnético que surge de uma corrente alternada. Este equipamento permite estudar o comportamento de materiais magnéticos, pode-se estudar transição de fase, propriedades magnéticas, usando a técnica da magneto impedância.

Há também outras técnicas de expansão térmica, onde se pode fazer dilatação, pode-se medir o calor específico para baixas temperaturas. Agora estamos montando um equipamento de Magneto Fricção. A *magneto fricção* é a variação das dimensões do material sob a ação de campo magnético, pois quando se aplica campo magnético a um material este pode alterar até a sua forma.

**Entrevistadora:** *Parecido com o que ocorre em um equipamento de ultra-sonografia no material piezoelétrico?*

**Professor:** Isso são efeitos muito grandes; neste equipamento trabalha-se com efeitos, variações menores. A ideia utilizada neste equipamento é a mesma da dilatação térmica; ao aumentar a temperatura aumenta-se o tamanho do corpo; neste equipamento, ao aumentar o campo magnético aumentam-se suas dimensões. Este efeito é muito pequeno.

Há também o *resistrômetro* que está sendo transformado em magneto fricção; ele permite medir os mesmos parâmetros que o *PPMS*. A montagem dele foi feita por nós mesmos. Ele tem característica de, embora seu controle seja todo manual, ser extremamente preciso, o que o distingue dos demais. Ele é feito para estudar transições de fase.

**Entrevistadora:** *Quantas pessoas estão envolvidas no Laboratório?*

**Professor:** Pessoas permanentes, na realidade são apenas três: eu, o professor Gilberto e o professor Jackson. Os estudantes de doutorado são: João, Odalina, Renato, Paloma, Mozart, Rafael, Fábio. Há apenas uma aluna de mestrado, a Pamela, e dois alunos de iniciação científica, Gisele e Lucas. Ainda tem o pessoal que vem para o Laboratório de outras Universidades.

**Entrevistadora:** *Qual é a rotina do Laboratório?*

**Professor:** A rotina do Laboratório é inicialmente fazer medições, depois analisar os dados, discutir os resultados, buscar explicá-los com base nas teorias existentes. Os resultados, depois, fazem parte de publicações científicas, de teses e dissertações.

**Entrevistadora:** *Quais são as normas de segurança do Laboratório?*

**Professor:** O único risco que o Laboratório apresenta é o manuseio de Hélio líquido. Entretanto, em mais de 30 anos de funcionamento do Laboratório, nunca houve nenhum acidente. Para evitarmos acidentes com este tipo de material nunca são feitas medidas apenas por uma pessoa e sempre se segue rigorosamente os procedimentos para a utilização do Hélio e dos equipamentos que o utilizam. A utilização

desse elemento é perigosa, principalmente por três motivos:

1º: este material apresenta temperaturas muito baixas, que em contato com o corpo mata o tecido orgânico;

2º: por se transformar quase instantaneamente de líquido para gás (como o gás ocupa 1000 vezes mais espaço que o líquido) a vaporização de uma quantidade significativa de Hélio geraria uma onda de choque, o que precisa ser evitado.

3º: outro cuidado que temos que ter é quando há um supercondutor ligado dentro do Hélio. Sabemos que o supercondutor apenas o é se estiver a temperaturas de aproximadamente 4 Kelvin, caso contrário ele deixa de ser um supercondutor quase instantaneamente. Então, deve-se cuidar para não faltar Hélio no equipamento enquanto o supercondutor estiver ligado, caso contrário, a temperatura ficará extremamente elevada. Então, você imagina que no supercondutor há uma corrente alta de em torno de 100 Ampères, então há uma enorme quantidade de uma energia armazenada no campo magnético do supercondutor, se isso tiver que ser dissipado rapidamente pode causar um acidente! Então há alguns riscos, mas eles são perfeitamente controlados.

**Entrevistadora:** *Como você vê a importância das pesquisas realizadas no Laboratório para a evolução tecnológica e para a construção de um mundo melhor?*

**Professor:** Nossa visão aqui é fazer avançar o conhecimento científico. As pesquisas são ferramentas para antecipar o futuro, para nortear a evolução da sociedade. Nós em particular fazemos pesquisa científica e ensinamos pessoas que vão trabalhar no futuro, o que também é uma forma de ir adiante ao nosso tempo. A nossa área de Supercondutividade e Magnetismo é muito importante do ponto de vista acadêmico e de aplicações. Pode-se ver isso, por exemplo, pela grande quantidade de prêmios Nobel que foram concedidos a pesquisadores nesta área e também pelas suas aplicações na sociedade, como, por exemplo, a utilização da Supercondutividade na Ressonância Magnética Nuclear, melhorando assim a vida das pessoas.

Nós não trabalhamos aqui buscando uma nova tecnologia, mas os nossos estudos contribuem para a construção de tecnologias que buscam tornar o mundo melhor. Nossa visão é mais científica, mais fundamental, de ver a natureza mesmo, buscando compreender como as coisas funcionam.

O Eletromagnetismo já é uma área consagrada, tem aplicações desde o imã de geladeira até a passagem de produtos (código de barras) no mercado.

Já a Supercondutividade é mais difícil de ter aplicações devido à necessidade de baixas temperaturas, o que acaba encarecendo as aplicações e, por vezes, as impossibilitando, não por dificuldades técnicas, mas econômicas. Caso não houvesse estes problemas econômicos, os supercondutores poderiam ser utilizados, por exemplo, para evitar a perda de energia elétrica. Poderiam também ser aplicados os semicondutores para armazenar energia e para levitar, por exemplo, os trens, tornando-os mais rápidos com menos consumo de energia elétrica. O problema é sempre o mesmo, a necessidade de manter o semicondutor a baixas temperaturas encarece, tornando as tecnologias inviáveis.

**Entrevistadora:** *A única forma de ter um semicondutor é utilizando temperaturas muito baixas?*

**Professor:** No início da década de 80 foram descobertos materiais que possuíam temperaturas críticas elevadas (se comparados a outros materiais), em torno de 100 Kelvin. Devido a esta descoberta houve um alvoroço na comunidade científica, tal como é difícil ocorrer, pois se podiam concretizar várias aplicações tecnológicas que não eram possíveis devido à inviabilidade econômica, o que significaria um alto avanço

econômico na área.

Entretanto, os materiais encontrados mostraram-se não aplicáveis para a utilização das tecnologias tecnicamente possíveis, devido às características dos materiais, tais como a não maleabilidade. Alguns cientistas desistiram de continuar pesquisando na procura de materiais que tenham alta temperatura crítica e que possam ser utilizados nas tecnologias, outros continuam investindo nesta área.

Caso se conseguisse achar um material com alta temperatura crítica e que pudesse ser usado nas tecnologias tecnicamente viáveis, isto representaria um grande avanço científico, tecnológico e econômico, iria ocorrer uma verdadeira revolução. Do ponto de vista científico este é um problema muito bonito, um prato cheio para as pesquisas.

**Entrevistadora:** *Do seu ponto de vista como se constrói a ciência?*

**Professor:** A gente aplica o único método que sabemos que é a tentativa e erro. Fazer a experiência, verificar, buscar entender; tentando e errando, às vezes a gente acerta. Entrevistadora: Professor, obrigada pela entrevista.

### 3 TRANSCRIÇÕES DAS OBSERVAÇÕES

As observações se deram em duas fases. Uma das autoras observou ao longo do segundo semestre letivo de 2010. A outra iniciou no final do primeiro semestre de 2011 e concluiu ao final do segundo semestre de 2011. Em ambos os casos, o primeiro contato foi com a pessoa responsável pelo Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo, o professor pesquisador entrevistado. Ele nos falou sobre o Laboratório, as linhas de pesquisa, e apresentou alguns alunos que participavam das atividades no Laboratório. Ao longo dessas observações sentimos a necessidade de fazer uma entrevista com o professor responsável, para ter uma visão geral do Laboratório, das linhas de pesquisa, da visão epistemológica que envolve o trabalho no Laboratório. A transcrição da entrevista foi apresentada na seção anterior.

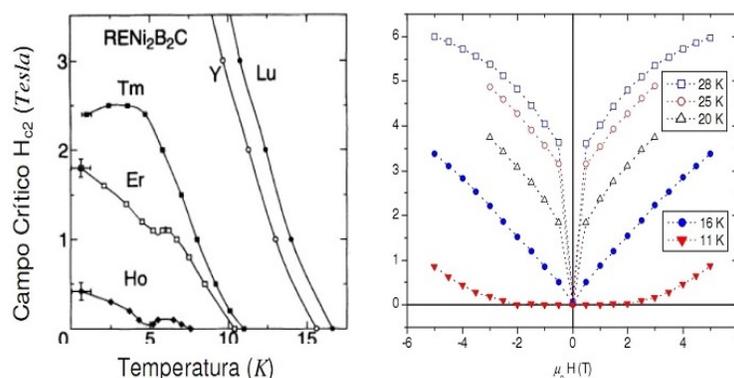
No primeiro dia de observações o aluno de doutorado Renato estava utilizando um equipamento chamado *SQUID*<sup>2</sup> (*Superconducting Quantum Interferometer Device*) que faz medidas magnéticas para medir a magnetização em função da variação de temperatura ( $\Delta T$ ). O material que ele estava utilizando para fazer estas medidas chamava-se de Vidro Spin, que é um ferromagnético.

Um material ferromagnético é aquele que pode apresentar ferromagnetismo. Estes materiais caracterizam-se por serem fortemente magnetizáveis, pois, quando colocados num campo magnético externo forte, os seus dipolos magnéticos elementares alinham-se, dando origem à formação de um polo magnético norte e outro sul. São exemplos de materiais ferromagnéticos: Ferro, Cobalto e Níquel. Mesmo depois de não existir mais um campo externo os materiais ferromagnéticos continuam possuindo um campo magnético homogêneo, ou seja, ficam magnetizados.

Materiais paramagnéticos e diamagnéticos também podem ser usados. Os materiais paramagnéticos possuem a tendência dos dipolos magnéticos atômicos se alinharem paralelamente a um campo magnético

---

<sup>2</sup>Dispositivo supercondutor de interferência quântica (Ostermann e Pureur, 2005, p. 59). Trata-se de um magnetômetro (usado para medir o momento magnético de uma amostra em presença de um determinado valor de campo aplicado) muito sensível (da ordem de  $10^{12} \text{ Am}^2$ ) que consiste de um anel supercondutor interrompido por uma ou duas junções Josephson ([http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0711041\\_09\\_cap\\_03.pdf](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0711041_09_cap_03.pdf)).



**Figura 1:** (a) à esquerda: campo crítico como função da temperatura para compostos  $HoNi_2B_2C$ ,  $ErNi_2B_2C$  e  $TmNi_2B_2C$ . Fonte: *Dissertação Junior* (2007). (b) à direita: Magneto-Resistência da amostra  $RuSr_2GdCu_2O_8$ . O gráfico ilustra as curvas de magneto-resistência para as temperaturas correspondentes as do estado supercondutor. Fonte: *Dissertação Junior* (2007).

externo, analogamente aos materiais ferromagnéticos. Entretanto, quando o campo magnético externo deixa de existir os dipolos magnéticos voltam à configuração original. São exemplos de materiais paramagnéticos: o Alumínio, o Magnésio e o sulfato de cobre.

Os materiais diamagnéticos são materiais que se colocados na presença de um campo magnético têm seus dipolos magnéticos orientados no sentido contrário ao do campo magnético aplicado. São exemplos de substâncias diamagnéticas: o bismuto, o cobre, a prata, o chumbo.

O resultado das medidas geram gráficos (Fig. 1(a)) do campo magnético em função da variação da temperatura. O equipamento também pode gerar gráficos da resistividade elétrica em função do campo magnético, conforme podemos ver na Fig. 1(b). Observa-se como a linguagem matemática, através da leitura de gráficos, surge naturalmente para a análise das medidas.

A partir das medidas são gerados os gráficos como na Fig. 1(b) e calculada a histerese dos materiais. Histerese é a tendência de um material conservar suas propriedades na ausência de um estímulo que as gerou. No caso do Magnetismo, quando um campo magnético externo é aplicado em um material ferromagnético até sua saturação (quando a maioria dos campos internos do material ficam orientados na mesma direção e sentido) e em seguida é diminuído tal campo, a densidade de fluxo não diminui tão rapidamente quanto o campo magnético. Dessa forma, quando o campo magnético aplicado chega à zero, ainda existe uma densidade de fluxo remanescente. Para que esta chegue à zero, é necessário aplicar um campo negativo, chamado de força coercitiva. Às vezes, as medidas têm memória elétrica e não magnética.

Para realizar as medidas o material usado deve estar submetido a temperaturas muito baixas. No experimento que estava sendo observado a temperatura necessária era de 4,2 Kelvin. Para que a temperatura fique tão baixa é necessário à utilização de Hélio líquido. Este material é naturalmente um gás nobre. Depois de servir para o propósito no qual é utilizado no Laboratório, diminui-se a pressão sobre ele, então ele transforma-se novamente em gás. Através de tubos passa para outra sala (Criogenia), onde novamente é submetido à alta pressão transformando-se em líquido que novamente é utilizado nos equipamentos. Neste processo, uma parte do Hélio é perdida para o meio. Devido a isto, depois de um determinado tempo



**Figura 2:** (a) à esquerda: equipamento que produz Nitrogênio: i) parte do equipamento que faz a sucção do gás; ii) local onde há a separação do nitrogênio do ar; iii) local onde nitrogênio gasoso é transformado em líquido. **Fonte:** foto Laboratório Criogenia. (b) à direita: tambores onde são armazenados o Hélio e o Nitrogênio. **Fonte:** foto Laboratório Criogenia.

é necessário comprar o material para o Laboratório. Como o Hélio líquido tem um custo elevado, cerca de 30 reais o litro e é raro na natureza, às vezes leva algum tempo para que o material chegue ao Laboratório, como ocorreu durante as observações feitas. Como o Laboratório trabalha com Supercondutividade, as baixas temperaturas são indispensáveis para o seu funcionamento, portanto o Hélio líquido também o é.

Foi dito na entrevista que a Supercondutividade é um fenômeno que se caracteriza pelo transporte de corrente elétrica sem dissipação de energia. Ela acontece a partir de uma temperatura chamada de temperatura de transição ( $T_c$ ). O fenômeno foi observado pela primeira vez em 1911, em Leiden, na Holanda, por Heike Kamerling Onnes (Ostermann e Pureur, 2005). Resumidamente, Supercondutividade é uma característica intrínseca de certos materiais, que sob determinada temperatura, conduzem corrente elétrica sem apresentar resistência elétrica e desta forma não possuem perdas devido a ela. Na sala de Criogenia do Laboratório também há a produção de Nitrogênio, utilizando o equipamento mostrado na Fig. 2. O ar é sugado (Fig. 2(a)i) depois o Nitrogênio é separado do ar (Fig. 2(a)ii) e por último, através de alta pressão, o Nitrogênio é transformado em líquido (Fig. 2(a)iii). Este Nitrogênio, assim como o Hélio, é armazenado em tambores (Fig. 2(b)) e são utilizados não apenas nos Laboratórios de Física. Os equipamentos que utilizam Nitrogênio liberam este gás diretamente na atmosfera, já que ele não é poluente e pode ser facilmente retirado do ar e transformado em nitrogênio líquido para ser usado em outras medidas.

Pode-se produzir Nitrogênio com relativa facilidade, pois ele é um elemento bastante existente no ar, o mesmo não se pode dizer do Hélio.

O Hélio não existe naturalmente no ar, por ser, como dito anteriormente, muito leve e ser um gás nobre. Sendo assim, não faz ligações com outros elementos químicos e não fica preso na atmosfera terrestre. Portanto, o Hélio está ficando cada vez mais escasso no planeta, o que justifica o preço elevado deste material, o que torna mais cara as pesquisas em Laboratórios que o utilizam. Estes fatores justificam pesquisas para encontrar um substituto para este gás. Por enquanto, neste sentido, em alguns equipamentos estão usando Hélio gasoso e através de expansão adiabática (processo semelhante ao que ocorre em um



**Figura 3:** *tubos que levam o gás Hélio evaporado para a sala de Criogenia. Fonte: foto Laboratório Supercondutividade e Magnetismo*



**Figura 4:** *equipamento utilizado para reciclar o Hélio. Fonte: foto Laboratório Criogenia.*

freezer) fazem a temperatura baixar para próximo da temperatura do Hélio líquido (aproximadamente 4 Kelvin). A vantagem deste procedimento é que 1 litro de Hélio líquido é equivalente a 1000 litros de Hélio gasoso, assim a economia é significativa. Outro procedimento utilizado para economizar Hélio é a reciclagem, ou seja, o Hélio que escapa do experimento é levado através de canos parcialmente isolantes (Fig. 3) para a Criogenia.

Na sala de Criogenia, através de aumento de pressão, o Hélio transforma-se novamente em líquido (Fig. 4) e posteriormente é armazenado em galões semelhantes aos quais é armazenado o Nitrogênio. Entretanto, neste procedimento, é perdido para o meio em torno de 15% de Hélio. Devido às características desse elemento químico, ele geralmente é encontrado junto a poços petrolíferos e precisa-se de alta tecnologia para extraí-lo. Assim o material faz um longo percurso até chegar ao Laboratório e quanto maior é o percurso mais este material é perdido para o meio.

Noutro dia de observação, o mesmo aluno de doutorado, Renato, preparou outra amostra. Ele explicou que preparar a amostra é arrumá-la de tal forma que seja possível fazer medidas a fim de anular erros experimentais. Para isto ele fixou a amostra com graxa de vácuo sobre uma placa de acrílico, centralizou

este sistema no centro de um tubo de vidro que seria colocado dentro do *SQUID*. Para a centralização é utilizada uma régua fixa na mesa. Renato explicou que havia a necessidade de centralização, para que a amostra ficasse exatamente no centro da bobina que ia impor um campo magnético externo a amostra. A cada determinado tempo, que varia para cada medida, vai-se variando a temperatura da amostra, formando-se gráficos. Para tratar os dados os pesquisadores do Laboratório utilizam o *software Origin*.

Toda a variação de temperatura e intensidade do campo magnético é trabalhada pelo *software* que vem junto com os equipamentos utilizados para realizar as medidas. Entretanto, a pessoa que opera a máquina, tem um papel fundamental no bom funcionamento do equipamento, precisa cuidar para colocar corretamente a amostra no seu interior e observar se ele funciona corretamente. Também informa ao programa o intervalo de variação de temperatura e de campo magnético, se um destes parâmetros precisa ficar invariante enquanto o outro varia, escolhe a amostra que vai utilizar e, principalmente, analisa o observado a partir das teorias atualmente aceitas na comunidade científica.

Estas medidas medem a resistência elétrica do material (magneto resistência) quando o mesmo é exposto a uma determinada temperatura e a um campo magnético. Também mostra como ocorre a transição de um material ferromagnético ou paramagnético para um supercondutor e como ocorre a transição de um supercondutor para um material ferromagnético ou paramagnético, com relação ao campo magnético e temperatura aplicados sobre a amostra. Na passagem de semicondutor a condutor e vice-versa não é produzida a mesma curva. A partir destas observações os pesquisadores procuram explicar o porquê deste comportamento anômalo.

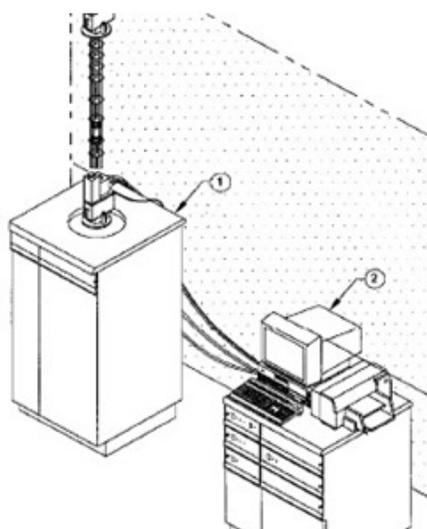
Os semicondutores possuem muitas aplicações, por exemplo, na Medicina. Os magnétrons<sup>3</sup> utilizados nos equipamentos de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) são exemplos destas aplicações. Os magnétrons usados na RMN podem funcionar de três formas, mas o magnétron supercondutor é o mais utilizado. Esses magnétrons são feitos de bobinas pelos quais passa uma corrente elétrica que cria o campo magnético. O fio é continuamente banhado em Hélio líquido, a uma temperatura de  $-233,5 \text{ deg C}$  e funciona no vácuo. Tal temperatura faz com que a resistência no fio caia praticamente a zero, reduzindo a necessidade elétrica do sistema. Os sistemas supercondutores ainda são muito caros, mas podem, facilmente, gerar campos que variam de 0,5 a 2,0 Tesla.

Segundo Garcia (2002), um campo magnético uniforme, com grande intensidade (entre 0,5 e 2,0 Tesla) e estabilidade é essencial para gerar imagens em exames como na RMN, porém campos magnéticos mais intensos tendem a gerar imagem mais nítidas. Magnetos supercondutores, dentre outros tipos de magnétons, tornam esse campo possível. Sendo assim, é importante ter magnétons que sejam capazes de gerar campos magnéticos cada vez mais intensos com preços mais acessíveis, respectivamente, para que as imagens se tornem mais nítidas e que as tecnologias advindas sejam acessíveis para as pessoas. Esta é uma possível contribuição das pesquisas realizadas no Laboratório, para a sociedade.

Outro material utilizado no *SQUID* (Fig. 5) para fazer as medidas foi o Ruteno Cuprato ( $RuSr_2GdCu_2O_8$ ). Entretanto, foi outro aluno de doutorado, o João, que fez o mesmo procedimento realizado por Renato.

Como descrito na entrevista, o Laboratório também é utilizado por pesquisadores de outras Uni-

<sup>3</sup>Magnétron é uma válvula a vácuo de forte potência, geradora ou amplificadora de correntes de alta frequência, cujo fluxo de elétrons é comandado ao mesmo tempo por um campo elétrico e outro magnético. Fonte: dicionário online de português.



**Figura 5:** Magnetômetro SQUID: (1) sistema criogênico e (2) sistema de controle do equipamento. **Fonte:** Dissertação Junior (2007).

versidades, por ser um Laboratório de referência na área. Em vários dias de observações foram vistos pesquisadores de outras Universidades fazendo pesquisa no Laboratório.

Em uma das observações, o aluno Mário da UFPEL estava utilizando um equipamento chamado *resistrômetro*. No experimento, Mário estava testando a resistividade de uma cerâmica composta por Ítrio, Bário, Cobre, Oxigênio e Ferro. Esta cerâmica torna-se um supercondutor abaixo de 92 Kelvin.

Mário buscava identificar o que acontece com a Supercondutividade do material quando a amostra possui ou não Oxigênio. Para tanto, inicialmente colocava a amostra no aparelho sem a presença de Oxigênio, depois ia variando a quantidade de Oxigênio presente na amostra e observando o que acontece com a Supercondutividade do material. Ele fez tal análise tanto no *resistrômetro* quanto no SQUID. O *resistrômetro* detecta sinais elétricos ínfimos, de até  $10^{-7}$  Unidade Eletromagnética (EMU). Para fazer as medidas no SQUID, João foi requisitado.

Posteriormente, João também explicou os passos necessários para utilizar o SQUID: 1º) colar amostra sob uma placa de Silício com graxa de vácuo;

2º) medir na mesa onde ficará a amostra que deve ficar no centro da bobina;

3º) gerar vácuo na parte que será transportada a amostra;

4º) colocar a amostra;

5º) no programa *Magnetic Properties Measurement* (MPMS), coloca-se a temperatura que se deseja variar, por exemplo, 8 Kelvin/minuto, até chegar à temperatura crítica que no caso da cerâmica é de 92 Kelvin saindo da temperatura de 4,2 Kelvin;

6º) esperar para gerar um gráfico da resistividade em função da temperatura. Os pesquisadores sabem a Temperatura Crítica, mas desejam saber por que o material tem esta temperatura e como faz esta transição.

O SQUID, como foi escrito anteriormente, mede a magnetização em função da temperatura. O sistema opera entre 1,9 K e 400 K, variando a temperatura com taxas mínimas de 0,01 K/min e máxima de 10

K/min. Neste equipamento, campos magnéticos de até 50 kO podem ser aplicados.

A parte criogênica (representado por 1 na Fig.5) que mantém o sistema a baixas temperaturas é constituída, principalmente, por um criostato extremamente eficaz na conservação de Hélio líquido. Dentro dele, representado na Fig. 6, encontram-se o magneto supercondutor, o sensor *SQUID*, o sistema de termometria, a vara de medidas e a eletrônica associada.

O sistema de controle do equipamento (representado por 2 na Fig.5) é feito por computador. A operação do magnetômetro é realizada por meio de três controladores. O primeiro é encarregado da translação e transporte da amostra, do acoplamento do aquecedor interno, da detecção do sinal *SQUID*, da fonte de corrente para a bobina supercondutora, da chave da operação em modo persistente, da impedância e do sensor de nível de Hélio líquido. O segundo controlador é responsável pela dinâmica de gases do sistema e o terceiro é pelos sensores de temperatura e aquecimento de gás. No experimento realizado, a cana (que está ligada à amostra) movia-se 4 cm para baixo e 4 cm para cima. Se o material é ferromagnético ou diamagnético ele vai gerar, devido a seu movimento, um campo magnético que gera corrente elétrica na bobina. Esta corrente elétrica será menos intensa abaixo desta temperatura crítica.

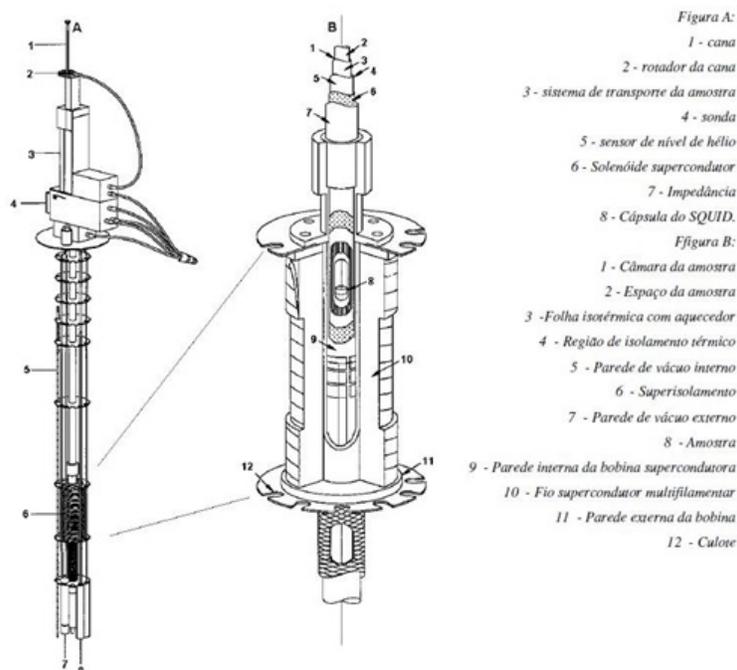
A doutoranda Paloma trabalha com outro equipamento chamado de *PPMS (Physical Properties Measurement)* que mede as propriedades magneto resistivas. Neste equipamento pode-se escolher a temperatura e o campo magnético aplicado no material. Na medida observada, a pesquisadora manteve o campo externo fixo e a temperatura e resistências variadas para identificar se o material é supercondutor através de propriedades resistivas. O funcionamento deste equipamento é análogo ao resistrômetro, que Mário havia explicado no outro dia. Entretanto, o *PPMS* é automático enquanto o resistrômetro é analógico, mas este pode utilizar campos mais intensos e temperaturas mais baixas para fazer as medidas. Então os experimentos são utilizados de acordo com o que se deseja medir.

O material utilizado na medida observada era filme fino composto por YBaCuO. A temperatura crítica deste material é de aproximadamente 91 K.

No mesmo dia, Fábio estava tentando medir a quantidade de Hélio que ainda existia no tambor do Laboratório (Fig. 7(a)) para saber a quantidade de vezes que ainda poderiam fazer a transferência, procedimento no qual eles transferem Hélio do tambor para os experimentos para poderem realizar as medições. A forma como eles fazem isto é muito interessante. Colocam na ponta de uma haste de metal uma espécie de plástico que vibra (Fig.7(b)). Quando a haste é aproximada do Hélio a temperatura diminui bruscamente e, conseqüentemente, a agitação do plástico também. Como eles sabem o tamanho da haste sabem também a altura na qual o Hélio está, portanto o seu volume. Eles usam cerca de 30 litros de Hélio para cada transferência. Assim, sabem a quantidade de vezes que ainda podem fazer a transferência.

Também foi acompanhada uma reunião que eles fizeram no Laboratório, a última do ano. A reunião foi sobre um assunto muito relevante, a compra do Hélio para a continuação das atividades. Nesta reunião participaram Fábio, Ramon, Marcus, Paloma alunos de doutorado, Valdir pesquisador da UFPEL, Mário pesquisador da UEPG e os professores Antonio e Jackson.

O Hélio é comprado de uma multinacional de São Paulo. Demora cerca de 10 horas para chegar a Porto Alegre e no percurso perde (através de evaporação) cerca de 20 litros, o que é uma quantidade significativa se observarmos que cada litro de Hélio custa atualmente 32,50 reais. Por este motivo os pesquisadores do Laboratório estão tentando comprar um novo equipamento que recicle Hélio, de forma mais rápida e mais eficiente do que aquele que possuem. Um problema para isto não é apenas o elevado



**Figura 6:** vara de medidas e estrutura interna do criostato com os componentes magnéticos. **Fonte:** Dissertação Junior (2007).

custo para a compra do equipamento, mas também a escassa mão de obra qualificada para manuseá-lo. Mesmo depois de comprar o equipamento o Laboratório terá que trazer um técnico de São Paulo ou enviar algum técnico da UFRGS a São Paulo a fim de aprender como manusear o equipamento.

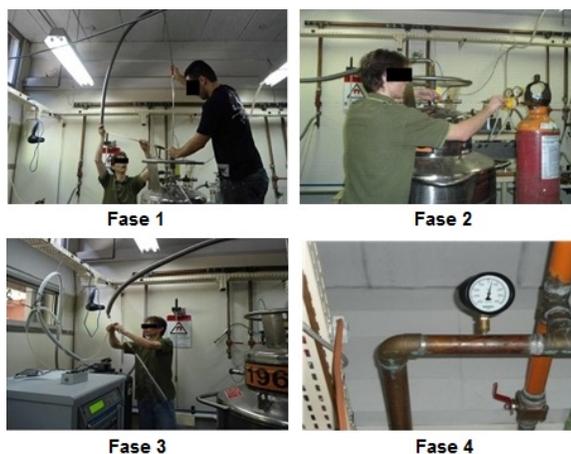
Outro assunto discutido na reunião é se era mais vantajoso continuar fazendo as medições entre Natal e Ano Novo, desligar os equipamentos e retornar em janeiro ou continuar as medidas apenas em março. O assunto era muito relevante, pois se os equipamentos não são usados eles aquecem e depois há a necessidade de usar uma grande quantidade de Hélio para resfriá-los, o que demanda gastos e mais trabalho. Entretanto, como a maioria dos usuários do Laboratório não estariam em Porto Alegre nestas datas, optaram por não utilizarem os equipamentos do final de dezembro até início de março, devido aos seguintes fatores: 1º) usariam com menos eficiência os equipamentos; 2º) já havia muitas medidas a serem analisadas e 3º) não tinha nenhuma medida urgente. Neste período os usuários do Laboratório precisariam analisar os dados das medições que já foram feitas.

No último dia de observações uma das observadoras teve o privilégio de ver o procedimento chamado de transferência. Neste processo o Hélio é transferido para o equipamento que faz as medições. O equipamento estava com 50 por cento de Hélio e por normas de segurança aconselha-se fazer a transferência quando há esta quantidade. Também por normas de segurança não é permitido que apenas uma pessoa faça o procedimento. O processo, como ilustrado na Fig. 8, consiste das quatro fases seguintes:

- Fase 1: utiliza-se uma mangueira para ligar o tambor que contém Hélio ao equipamento que faz as medidas, coloca-se lentamente a mangueira dentro do tambor para que o Hélio fique minimamente



**Figura 7:** (a) esquerda: Equipamento utilizado para reciclar o Hélio. *Fonte:* foto Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo. (b) Direita: Medidor de Hélio. *Fonte:* foto Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo.



**Figura 8:** fases da transferência. *Fonte:* foto Laboratório Supercondutividade e Magnetismo.

agitado, a fim de que evapore o mínimo possível;

- Fase 2: liga-se um tambor menor de Hélio ao tambor maior;
- Fase 3: regula-se a pressão do tambor menor para que seja maior do que a pressão do tambor maior, assim como os dois estão ligados irá aumentar a pressão neste, fazendo com que o gás seja expelido para o equipamento que realiza as medidas;
- Fase 4: espera-se completar a transferência e retira-se a mangueira com luvas, pois como ela estava em contato com o Hélio, sua temperatura está muito baixa.

## 4 MAIS SOBRE O FUNCIONAMENTO DO LABORATÓRIO

A fim de complementar a interpretação da descrição feita anteriormente, apresentam-se alguns recortes acerca do relato de sujeitos envolvidos, que complementam o entendimento do processo de funcionamento do Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo no contexto observado. Mantemos a característica de dar nomes fictícios aos sujeitos mencionados.

**O QUE É FEITO NO LABORATORIO:** *“O que é feito no Laboratório é pesquisa em Física Básica. A princípio não há uma maior preocupação em aplicar os resultados obtidos e sim em entender propriedades fundamentais de sistemas metálicos. Um exemplo é o estudo da evolução das propriedades elétricas e magnéticas dos metais e outros sistemas sólidos nas vizinhanças de uma transição de fase. Tenta-se achar uma descrição para as coisas que são medidas. Nem sempre isto acontece. Muitas vezes, os resultados experimentais obtidos contradizem a teoria”.* (Gabriel: aluno de Doutorado)

**SOBRE OS PROCEDIMENTOS PARA MANTER OS EQUIPAMENTOS FRIOS:** *“Não existe um manual que contenha estes procedimentos. Devemos observar várias vezes. A cada vez observada aprendemos uma coisa diferente. Os procedimentos passaram a ser automáticos para mim. O consumo de Hélio depende do tipo de medidas efetuadas e dos usuários responsáveis pelas medidas. Estamos diante de uma experiência de magnetização. O magnetômetro vai medir o que acontece quando fixamos a temperatura e variamos o campo magnético ou quando variamos a temperatura e fixamos o campo magnético. Tudo é muito automático. Uma ação leva a outra, mas qualquer erro no manuseio do equipamento pode trazer prejuízo para o Laboratório”.* (Gabriel: aluno de Doutorado)

**SOBRE PROBLEMAS TÉCNICOS ENFRENTADOS NO LABORATÓRIO:** *“Neste momento o aparelho de liquefação do nitrogênio está com problemas de funcionamento, aguardando conserto. Este tipo de problema atrapalha bastante as pesquisas experimentais. Enquanto o equipamento não for consertado as medições ficam momentaneamente paradas. No entanto, os órgãos que financiam as pesquisas, exigem resultados publicados em tempos cada vez menores. Esta situação pode gerar prejuízo financeiro aos bolsistas, já que na sua grande maioria, dependem das bolsas para manterem-se estudando”.* (Professor Pesquisador e Orientador)

**SOBRE O TRABALHO EM EQUIPE E A SISTEMATIZAÇÃO NO REGISTRO DOS DADOS:** *“Uma das tarefas dos alunos é ajudarem-se uns aos outros. Aqueles que têm maior experiência no manuseio do equipamento ensinam os outros que es-*

*tão iniciando no Laboratório. É importante que registrem de forma precisa todos os procedimentos ocorridos na coleta dos dados. Trata-se de um método adotado pelos alunos para que não haja prejuízo do registro dos dados”. (Professor Pesquisador e Orientador)*

## **5 ANÁLISE ACERCA DAS OBSERVAÇÕES REALIZADAS**

Acrescentamos aqui uma análise dos dados registrados ao longo das observações realizadas pelas autoras do relato.

- Podemos classificar em três fases principais as atividades realizadas no Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo da UFRGS: *a preparação das amostras* é um processo que exige muita habilidade experimental por parte dos pesquisadores, fator essencial para um resultado satisfatório; *o registro dos dados experimentais* requer o manuseio de equipamentos de medida altamente sofisticados; *a análise e interpretação dos dados obtidos* requerem o conhecimento das teorias e leis físicas básicas. Busca-se na literatura resultados que possam corroborar ou refutar as conclusões obtidas a partir destas análises.
- Segundo Moreira, a formação de um futuro cientista está atrelada ao treinamento científico voltado principalmente para o “fazer ciência”, para as teorias científicas e os equipamentos de Laboratório, para os procedimentos científicos teóricos e experimentais (Moreira, 1998, p.1). As transcrições presentes neste documento corroboram esta afirmativa. No entanto, acredita-se que o espírito de colaboração observado entre os membros presentes no Laboratório é fator essencial para o desenvolvimento científico.
- Os conceitos físicos e as ferramentas matemáticas necessárias para a interpretação dos dados são utilizados naturalmente, como parte constituinte do processo de obtenção dos resultados. Com relação ao ferramental matemático, faz-se necessário o uso de equações e a interpretação gráfica.
- Os membros do Laboratório trabalham com escassez de recursos humanos, especificamente técnicos habilitados para lidar com os problemas de manutenção dos equipamentos. Este trabalho é realizado pelos estudantes pesquisadores e pelos professores.

- A escassez de Hélio líquido interrompe drasticamente as atividades do Laboratório. Trata-se de um elemento essencial para o funcionamento dos equipamentos do Laboratório.
- O Laboratório mantém as portas abertas para os pesquisadores egressos da UFRGS, permitindo que o conhecimento desenvolvido ali seja direcionado para outros laboratórios que estão iniciando seus trabalhos.
- Uma situação bastante comum em Instituições de Ensino Superior é a compartimentalização das atividades de pesquisa, ensino e extensão em setores específicos das distintas áreas científicas. Ao mesmo tempo em que esta divisão organiza o sistema de funcionamento da Instituição, impõe certas limitações, no sentido que acabamos por desconhecer a especificidade do trabalho de colegas “vizinhos” de profissão. Os alunos que passam pela sala de um docente muitas vezes são os mesmos alunos que passam pelas salas de aula de colegas das áreas afins. Como esperar que estes alunos compartilhem significados entre disciplinas e/ou atividades afins se os próprios docentes pesquisadores não compartilham estes significados com seus colegas? Especificamente no que se refere aos Laboratórios de Física da UFRGS, é comum que muitos docentes (até mesmo pertencentes ao próprio Instituto de Física) desconheçam totalmente as atividades desenvolvidas nesses Laboratórios.

## 6 CONCLUSÃO

O trabalho no Laboratório é extremamente instigante. Os pesquisadores passam grande parte da vida buscando descobrir o ainda não conhecido, movidos por uma incessante curiosidade, característica de pessoas que ainda se encantam em se confrontar com algo novo. Tal encantamento envolve e move as pesquisas no Laboratório.

Notamos que a curiosidade dos cientistas, no entanto, difere da curiosidade ingênua das crianças. Para ser um bom cientista, no caso específico, um bom físico experimental há a necessidade de ter curiosidade, mas não somente isto, esta precisa motivar um trabalho árduo, rigoroso, em que a atividade experimental é cercada de um rigor conceitual.

O trabalho no Laboratório também depende das pessoas que estão envolvidas com o

Laboratório, afinal o trabalho é cooperativo. O Laboratório só funciona se há o material necessário; para isso, precisa-se de recursos provenientes de projetos. Por vezes, os pesquisadores se confrontam com problemas que sozinhos não conseguem resolver, sendo indispensável atos colaborativos. Assim se desenvolve e evolui o trabalho de Laboratório.

Estas atividades nos despertaram um profundo encantamento e respeito pelo trabalho árduo que envolve a prática experimental que, por vezes, é desmotivante, tendo em vista que frequentemente os resultados não são como esperados e o pesquisador precisa ter a paciência de recomeçar, muitas vezes, do zero.

Há, também, a constante necessidade de estudos teóricos para buscar explicar o que observam e para guiar a observação. Entretanto, frequentemente, os resultados experimentais guiam as pesquisas teóricas. Então, atividades experimentais e teorias são construídas dialeticamente. Sendo assim não há o “Método Científico”, aquela “receita” que sempre acaba produzindo conhecimento. Como disse o pesquisador entrevistado “*o único método ... é a tentativa e erro; fazer a experiência, verificar, buscar entender, tentando e errando; às vezes acertando.*” Tentativa e erro aqui não tem nenhuma conotação pejorativa. Ao contrário, deixa claro qual é o “método” usado em um laboratório de pesquisa. “Método científico” não existe, metodologias científicas sim.

Assim se forma a ciência, que não é imparcial, apolítica, descontextualizada, imutável. A ciência é construída em cooperação, geralmente com base nos conhecimentos científicos anteriores e especialmente por uma incessante curiosidade, paciência, perseverança e muito trabalho.

Por último cabe chamar atenção sobre a importância de uma vivência de laboratório na formação de um físico ou de um professor de Física. Ainda que a Física Teórica seja muito importante na Física, esta não existe sem a experimentação, sem o laboratório. Por esta razão o currículo do Doutorado em Ensino de Física do PPGEnFis do IF-UFRGS inclui o Estágio Supervisionado em Laboratório de Pesquisa. Não tem sentido ser Doutor em Ensino de Física sem saber (sem vivenciar) o que é um Laboratório de Pesquisa em Física. Como foi dito no começo, duas autoras deste trabalho fizeram seu estágio no Laboratório de Supercondutividade e esse estágio as inspirou a escrevê-lo. O terceiro autor teve em sua formação na graduação na década de sessenta uma boa experiência no Laboratório de Correlação Angular do Instituto de Física da UFRGS e desde então sempre valorizou o Laboratório, a Física Experimental, tanto como professor de Física

Geral ou como pesquisador em Ensino de Física e orientador de pós-graduação nessa área.

Esperamos que este artigo motive outros professores/pesquisadores em Ensino de Física a se interessarem pelo Laboratório de Física, o que, infelizmente, nem sempre acontece.

## Referências

- [1] Garcia, E. A. C. (2002). *Biofísica*. São Paulo: Sarvier.
- [2] Junior, J. L. P. (2007). *Efeito Hall Extraordinário no Supercondutor Magnético RuSR<sub>2</sub>GdCu<sub>2</sub>O<sub>8</sub>*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Física, UFRGS.
- [3] Latour, B. (2000). *Ciência em Ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. São Paulo: Editora UNESP.
- [4] Moreira, M. A. (1998). *Pesquisa Básica em Educação em Ciência: uma visão pessoal*. I Congresso Ibero-americano de Educação em Ciências Experimentais. La Serena, Chile, 6 a 10 de julho.
- [5] Ostermann, F. e Pureur, P. (2005) . *Temas atuais de Física: Supercondutividade*. São Paulo. Editora Livraria da Física;
- [6] Rosa, M.V.F.P.C; Arnoldi, M.A.G.C. (2006) . *A entrevista na pesquisa qualitativa*. Belo Horizonte: Autêntica.