

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Ciências Básicas da Saúde
Departamento de Bioquímica
Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Bioquímica

Tese de Doutorado

Terapia Gênica: Ciência e Educação.

Antônio Carlos Burlamaque Neto

Orientador: Prof. Dr. Roberto Giugliani

Co-orientadora: Profa. Dra. Ursula Matte

Porto Alegre, julho de 2011.

CIP - Catalogação na Publicação

Burlamaque-Neto, Antônio Carlos
Terapia Gênica: ciência e educação. / Antônio
Carlos Burlamaque-Neto. -- 2011.
125 f.

Orientador: Roberto Giugliani.
Coorientadora: Ursula Matte.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da
Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências
Biológicas: Bioquímica, Porto Alegre, BR-RS, 2011.

1. Terapia Gênica. 2. Educação em Ciências. 3.
Método Científico. 4. Histórias em Quadrinhos. 5.
Complexidade. I. Giugliani, Roberto, orient. II.
Matte, Ursula, coorient. III. Título.

Ao meu irmão, Arthur Verschoore Burlamaque,
à minha mãe, Heloísa Verschoore Burlamaque,
e ao meu pai, Marco Antônio Burlamaque,
por tudo que somos juntos.

Adôçios Populares

G7M, Em7(9)

É duro acordar de manhã e saber
 Que tudo está no seu lugar e é fácil de esquecer
 Os sonhos estão no alto
 Quem é que pode entender e não esquecer
 Que não adianta rezar e nem rezar chorar porque
 O tempo insiste em passar para mim e para você
 E tenta faz se você quiser que se esqueça
 Ele vai vencer tudo que se quiser

G7M, D7, Em7
 Mas sei que não sabe saber, tem que saber
 Que o caminho é estreito e só cabe um
 Mas você prefere o silêncio que não lhe incomoda
 Mas você prefere o silêncio que não lhe incomoda

E, G, A, F#, G, F#, E (inter-valos de terça e quinta)
 Ah, agora eu não quero e não quero saber
 O quanto lhe dá não poder esquecer
 Nem a que se ouve, nem a que se vê
 Ainda mais você que nunca tem alto

A, C, B, E, A, B, C, A
 Mas não se importa com quem vai morrer pra você saber
 Cada um tem seu jeito que realgar só vai lhe mostrar
 Que não há chegada, nem parada em lugar que se resistir
 Só existe o caminho, reinar e trilhar

B, C, A, B, G, A, G, F#, E
 Vai trilhando sozinho, buscando o caminho, lutando e não para parar

Música: André Baptista e
 Banda Sinal de Vida
 Letra: André Baptista
 Ilustrações: Tarciana Agostini

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Ursula Matte, pela impressionante orientação articulada de todas às áreas do conhecimento abordadas neste doutorado, amizade, conversas, apoio e liberdade criativa.

Ao Prof. Dr. Roberto Giugliani, pela oportunidade e incentivo às minhas vocações.

À Profa. Dra. Carmen Lucia Bezerra Machado, pelo interesse e por me ensinar um universo científico inteiramente novo à minha formação.

Ao Prof. Dr. José Roberto Goldim, pela lapidação final deste trabalho.

À Gabriella Rejane dos Santos pela participação, prontidão e amizade.

Ao Leon de Moraes Lisboa pela participação, auxílio e amizade.

À Clarisse Ricci, pelos encantadores quadrinhos.

A todo pessoal do Centro de Terapia Gênica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre pelo convívio, amizade e participações que tornaram este trabalho possível.

À Profa. Dra. Maria Luiza Saraiva Pereira e à Profa. Dra. Carla Streit pela minha formação de base em pesquisa científica, amizade e apoio contínuos.

Ao pessoal do Serviço de Genética Médica e do Centro de Pesquisa Experimentais do Hospital de Clínicas de Porto Alegre pelo apoio estrutural e amizade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Bioquímica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela minha pós-graduação e ao seu pessoal pelo apoio e amizade.

Ao CNPq, à FAPERGS e ao FIPE-HCPA, pelo apoio financeiro a este doutorado.

Ao amigo Rogério Maia Garcia, por me apresentar a obra de Edgar Morin, que veio a se constituir no principal referencial teórico desta tese.

Ao amigo César Gustavo Moraes Ramos, pelos empréstimos de Discurso do Método (René Descartes) e Pedagogia da Autonomia (Paulo Freire), que vieram a fazer parte das referências bibliográficas desta tese.

Ao amigo Fábio Cambraia Steffano, por abrir sua casa para a etapa final de redação desta tese.

Ao amigo Fabrício Figueiró, pelo local para morar e por todo o convívio.

À Taciana Agustini, pela amizade e discussão de idéias que muito contribuíram.

À Angela Sitta, por todo apoio e convívio no início deste doutorado, e a toda sua família, em especial, ao nosso afilhado João Luis Sitta Soccol, por todo encanto.

Aos mestres Reiki Felipe Sandri e Sérgio Tonetto, ao psiquiatra cognitivista José Caetano Dell’Aglío, à terapeuta de estética vibracional Valquíria Parode e ao terapeuta de bioenergética Pramit, pelo crescimento emocional e espiritual.

Ao Centro Vento do Norte, pela oportunidade maravilhosa de unir meu crescimento espiritual ao auxílio do crescimento dos próximos.

À Associação Gente Nova de Porto Alegre e a todo seu pessoal, pelos valores, convívio e oportunidade de desenvolver projetos que levam os frutos deste doutorado para comunidades carentes de Porto Alegre.

Ao pessoal do Projeto de Inovação Cultural – Libertando a Arte do Conhecimento, pelo convívio, amizade, por todas as formas de expressão e pela oportunidade de desenvolver os frutos deste doutorado em um projeto de extensão universitária. Ao Diretório Acadêmico da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul por apoiar este projeto.

Ao André Jacques Baptista, pela amizade, parceria musical e participação conjunta em diversos projetos.

A todos os amigos e pessoas com quem convivi.

À minha querida e linda namorada Fernanda Rodrigues Galves, pelo carinho, apoio e amor na reta final deste doutorado.

Às minhas tias, primas, tios e primos.

À minha cunhada Gabriela Bandeira e à minha sobrinha e afilhada Maria Clara, pela riquíssima e alegre expansão da família.

Ao meu irmão Arthur Verschoore Burlamaque, pelo privilégio das conversas de compreensão elevadíssima sobre qualquer assunto.

À minha mãe, Heloísa Verschoore Burlamaque, e ao meu pai, Marco Antônio Burlamaque, pelas condições para eu ser quem sou.

Aos Verdadeiros Mestres.

Terapia Gênica: Ciência e Educação

Sumário	Pg.
Resumo	03
<i>Abstract</i>	04
Prefácio	05
1. Introdução	06
1.1. Terapia Gênica	06
1.1.1. Gangliosidose GM1	07
1.1.2. Terapia Gênica para Gangliosidose GM1	08
1.2. Método Científico	11
1.2.1. Pesquisa Qualitativa	14
1.2.2. Os Processos de Aprender a Fazer Ciência no Centro de Terapia Gênica	17
2. Objetivos	20
3. Artigos	21
3.1. <i>Association of storyboards to scientific protocols – a pilot study.</i>	21
3.2. <i>Study about the comprehension of the scientific method by members of a health research university laboratory</i>	53
4. Discussão	74
4.1. A Terapia Gênica para Gangliosidose GM1 como Ponto de Partida	77
4.2. A Pesquisa Qualitativa para Estudar os Alunos e Seus Processos	77
4.3. O Fazer Ciência do Aluno e a Questão da Linguagem	79
4.4. Materiais de Arte-Educação e Outras Atividades	82
4.4.1. Grupo de Estudos em Educação em Ciências	82
4.4.2. Jogo de Tabuleiro	82
4.4.3. Curso sobre Método Científico	83
4.4.4. Outros Materiais	84
4.4.5. Teatro sobre Mucopolissacaridose	91

4.5. Projeto de Extensão	92
4.6. Perspectivas	93
4.6.1. A Continuidade deste Estudo	93
4.6.2. Um Possível Projeto	93
4.6.3. Compilação de Materiais	94
4.7. Nota Final do Autor	95
5. Conclusões	98
6. Referências Bibliográficas	99
7. Anexo	103
7. 1. O Pássaro, a Galinha, a Borboleta e o Beija-Flor	103
7.2. História em Quadrinhos em Português	106

Resumo

Os laboratórios de pesquisa científica acadêmica na área da saúde são ambientes nos quais os estudantes vivenciam processos educacionais. A sistematização em estudos científicos dos conhecimentos relacionados a estes processos requer pesquisas que enfoquem os alunos, o que não é comum neste tipo de ambiente, onde o estudo dos objetos é predominante. Em consequência, as publicações científicas dos laboratórios de pesquisa científica acadêmica na área da saúde limitam-se majoritariamente aos experimentos, indicando que os conhecimentos produzidos pelos processos educacionais que ocorrem nestes laboratórios não estão sendo cientificamente sistematizados e compartilhados com os pares. A presente tese parte da pesquisa científica em terapia gênica para Gangliosidose GM1 em busca do enfoque no aluno para estudar os processos educacionais que ocorrem em um laboratório de pesquisa científica acadêmica na área da saúde. Seu objetivo é articular a relação entre sujeito que pesquisa e objeto pesquisado, problematizando, com base no referencial teórico de complexidade de Edgar Morin, a pesquisa qualitativa com enfoque em educação em ciências no Centro de Terapia Gênica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Duas histórias em quadrinhos seqüenciais foram elaboradas para retratar protocolos de procedimentos científicos e implementadas em associação aos respectivos protocolos no processo de aprendizado destes procedimentos. A análise das entrevistas com os estudantes que participaram deste processo demonstram que as histórias em quadrinhos estimulam a memória e promovem a compreensão das relações entre os passos dos protocolos. As reflexões espontâneas destes estudantes sobre o aprender a fazer ciência e o método científico durante as entrevistas resultaram em um estudo subsequente, no qual os estudantes foram entrevistados sobre a sua compreensão do método científico. As respostas refletem o fazer ciência dos entrevistados no laboratório, que se dá pela realização de projetos, constituindo uma compreensão reduzida sobre o método científico ao excluir o pensamento científico. O desconhecimento de autores relacionados à ciência em geral, que indica o desconhecimento das suas obras, as dificuldades em compreender atividades e questões que têm enfoque no sujeito e seus processos e o emprego estrito da objetividade para tratar de questões subjetivas refletem a não articulação entre objeto e sujeito e a separação das ciências. Atividades educativas de retorno foram realizadas para trabalhar os resultados com os entrevistados.

Abstract

Health field academic science research laboratories are environments in which students experience educational processes. Scientific systematization of knowledge related to such processes requires research focusing the students, which are not common in this type of environment, where the study of objects major. Consequently, scientific publications from health field academic science research laboratories are mainly limited to objective bench experiments, indicating that the knowledge related to the educational processes that take place in these labs is not being scientifically systemized and shared with peers. The present thesis uses scientific research on gene therapy for GM1 Gangliosidosis in order to focus subjects and study the educational processes in a health field academic science research lab. The aim is to articulate the relationship between research subjects and objects, thereby developing, in regard to Edgar Morin's complexity theoretical reference, qualitative research focusing science education at *Centro de Terapia Gênica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre*. Two sequential cartoon stories that portrait scientific protocols were created and implemented in association to such protocols on the learning processes of related procedures. Analysis of participating students' interviews demonstrated that cartoons stimulate memory and improve comprehension of relationship between protocols' steps. Students' reflections on science learning and scientific method resulted in a subsequent study, in which students were interviewed about their comprehension on the scientific method. Answers reflect their laboratory science making, which is resumed to scientific projects' execution, leading to a reduced comprehension of the scientific method as scientific thinking is excluded. Lack of knowledge about science related authors in general, which indicates lack of knowledge of these author' works, difficulties on comprehending activities that focus on subjects and their learning process, and strict use of objectivity in order to deal with subjectivity issues reflect the lack of articulation between object and subject and the separation of science in distinct fields. Feedback educational activities were created and implemented to work the results with interviewed students.

Prefácio

O Centro de Terapia Gênica (CTG) foi projetado no começo deste século, tendo suas primeiras atividades de prática de bancada realizadas entre o fim de 2002 e o início de 2003 e estando situado no Centro de Pesquisas do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) na condição de laboratório compartilhado - seus recursos estão disponíveis às possibilidades de desenvolvimento de projetos de pesquisa afins por outros pesquisadores. A pesquisa científica realizada no CTG concentra-se na área de ciências biológicas e da saúde, sendo dividida em três linhas principais: Terapia Gênica, Terapia Celular e Análise Molecular.

A experiência de fazer parte de um grupo de pesquisa desde sua criação, participando da estruturação de um laboratório a partir de uma área totalmente vazia, é peculiar e marcante. Os integrantes envolvem-se inevitavelmente com uma gama de atividades que vai além daquelas que dizem respeito estritamente às suas práticas de bancada. Este comprometimento de caráter amplo e detalhado que se fez necessário constitui fonte de reflexões sobre a atuação humana no contexto do CTG. O enfoque nos sujeitos que pesquisam e se relacionam permite compreender o fazer ciência por ângulos diferentes e complementares e assim propor melhorias e inovações, abrindo um novo leque de conhecimentos e trabalhos.

A presente tese problematiza a inseparabilidade entre um trabalho de pós-graduação e a subjetividade do aluno. A um questionamento sobre o andamento de um experimento, o aluno relata objetivamente o que funcionou, o que não ocorreu conforme planejado, os resultados obtidos e o que se pode concluir. Quando questionado sobre a sua experiência de ter realizado o experimento, além do experimento em si, o aluno pode dizer que acordou cedo e chegou ao laboratório sentindo-se cansado, mas animou-se com a presença dos colegas e achou o procedimento executado fascinante! O leque de experiências que o aluno vivencia dia após dia, ano após ano, na pós-graduação é riquíssimo. Seus manuscritos, entretanto, relatam somente o que diz respeito aos experimentos, excluindo suas experiências e vivências. A subjetividade do aluno fica oculta para que a objetividade do seu trabalho fique... Descontextualizada!

As publicações oriundas de laboratórios de pesquisa acadêmica em ciências biológicas e da saúde geralmente limitam-se aos experimentos científicos. Há, contudo, processos complexos e riquíssimos em conhecimento acontecendo no laboratório para que se possa chegar aos resultados de bancada, o que indica que somente uma parte do conhecimento produzido está sendo sistematicamente organizada e cientificamente compartilhada entre os pares. Para possibilitar a sistematização do conhecimento que diz respeito aos processos que envolvem os alunos, a pesquisa qualitativa que faz uso de referenciais teóricos - obras de autores conceituados - para problematizar o estudo dos sujeitos em um contexto insere esta tese no âmbito das ciências humanas, especialmente na filosofia da ciência e na educação em ciências. As questões identificadas requerem intervenções que as contemplem, levando este trabalho a aventurar-se na proposição de materiais didáticos de arte-educação. Desta forma, ter as ciências exatas biológicas como ponto de partida não restringiu as áreas de conhecimento aqui exploradas, mas permitiu uma construtiva articulação com as ciências humanas e as artes ao incluir a riqueza e a beleza do estudo do sujeito - o aluno pesquisador.

1. Introdução

1.1. Terapia Gênica

Baseado no conceito “um gene, uma enzima” e aproveitando as descobertas então recentes dos mecanismos moleculares de expressão gênica, French Anderson teorizou a terapia gênica pela primeira vez em 1967 (Matte & Giugliani, 2004). A terapia gênica constitui-se na transferência de material genético para dentro das células de um indivíduo com o objetivo de conferir um benefício terapêutico ao corrigir uma anormalidade existente ou proporcionar às células uma nova função (Lemoine, 1999). Seu princípio baseia-se no entendimento de que algumas doenças são causadas por defeitos em um ou mais genes, levando à produção descontrolada ou à supressão de uma proteína essencial para o funcionamento das células (Anderson, 2000). Mais de 20 anos depois, a idéia de Anderson tornou-se realidade quando ele, Steven Rosenberg e Michael Blaese a realizaram como tratamento para uma doença genética do sistema imune, a deficiência de Adenosina Deaminase (ADA) (Matte & Giugliani, 2004).

Diferentes estratégias terapêuticas são disponibilizadas pela administração de material genético. A compensação de genes defeituosos ou ausentes, o aumento ou a redução das funções de genes presentes, a aquisição de sensibilidade a uma pró-droga normalmente inerte e a interferência no ciclo de vida de agentes infecciosos são mecanismos aplicáveis de acordo com as exigências de cada tratamento. O objetivo maior da terapia gênica é a melhora do quadro clínico através de uma única administração de um gene terapêutico apropriado (Lemoine, 1999). Contudo, esta possibilidade ainda está muito distante de se tornar realidade. Mesmo assim, a viabilização de administrações em número reduzido, separadas por longos períodos, tem potencial de disponibilizar tratamentos melhores do que os convencionais para diversas doenças.

A administração do material genético pode ser dividida em três categorias: sistêmica, *in situ* e *ex vivo*. Atualmente, é eticamente aceita somente a terapia gênica em células somáticas, que se constitui na inserção de genes em células diplóides humanas. Esta abordagem não acarreta a passagem do material genético para a progênie e necessita da utilização de vetores para a transferência gênica.

Os plasmídios são os vetores de expressão mais utilizados em terapia gênica. São moléculas de DNA circular, de fita dupla e extracromossômico que, na natureza,

ocorrem em bactérias e em alguns organismos eucarióticos unicelulares, sendo também manipulados pelo ser humano. Frequentemente, transportam genes que conferem resistência a antibióticos, que são utilizados para distinguir entre as células hospedeiras que receberam ou não o vetor de expressão. Os plasmídios possuem sítios de clonagem para a inserção do material genético de interesse (Zaha *et al*, 2003).

Os vetores de transferência, por sua vez, atuam como veículos na administração e entrega dos plasmídios e são classificados em métodos virais e não-virais. Os métodos não virais constituem na administração de DNA nu (os plasmídios em suspensão salina), de agentes químicos que veiculam o material genético de interesse (lipossomos, nanoemulsões, polímeros biodegradáveis e outros) e de estratégias físicas de transferência gênica (eletroporação, biobalística, microinjeção e outros). Os vetores virais são compostos por vírus geneticamente modificados no sentido de conferir-lhes replicação incompetente, limitando a partícula viral a apenas um ciclo de infecção como medida de segurança. Atualmente, há cinco grupos principais de vetores virais usados para veicular material genético: retrovírus, lentivírus, adenovírus, vírus adenoassociado e vírus herpes simplex.

A euforia inicial sobre as aplicações rápidas da terapia gênica foi gradualmente substituída por cautela e pela constatação de que o seu desenvolvimento efetivo é tecnicamente muito mais exigente do que originalmente antecipado. É preciso aprimorar os vetores de transferência e os métodos de transferência gênica hoje existentes de maneira a aumentar a eficiência da transferência e dos níveis de expressão gênica, além de diminuir a imunogenicidade (Steele, 2000).

1.1.1. Gangliosidose GM1

Os erros inatos do metabolismo (EIM) são um grupo heterogêneo de mais de 500 desordens que afetam funções metabólicas. Na sua maioria, são doenças monogênicas de herança autossômica recessiva, levando a alterações bioquímicas específicas (Cohn & Roth, 1983), (Jorde et AL, 2000). As doenças lisossômicas (DL) são EIM caracterizadas por defeitos genéticos que afetam enzimas que atuam nos lisossomos, organela das células eucarióticas responsável, entre outras funções, pelo catabolismo de macromoléculas. A deficiência de atividade de uma dessas enzimas acarreta no acúmulo intralissossômico de compostos não metabolizados (Seashore &

Wappner, 1996). As cerca de 40 doenças lisossômicas conhecidas afetam 1 indivíduo em cada 5000 nascidos vivos (Meikle *et al*, 1997).

A Gangliosidose GM1 é uma DL causada pela deficiência da enzima β -galactosidase ácida. Há três formas clínicas, classificadas com base no momento de início dos sintomas – infantil, juvenil e adulta. O nível de acúmulo do gangliosídeo GM1 está relacionado com o nível de deficiência enzimática. Quanto menor a atividade da β -galactosidase ácida, maior o acúmulo, mais cedo a idade de início dos sintomas e mais grave o quadro clínico. É uma patologia rara cuja incidência varia entre 1:100.000 (Whitley, 1993) e 1:200.000 (Beattie & Harvey, 1992). A estimativa para a forma infantil no município de Porto Alegre, contudo, foi calculada em 1:17.000 (Severini *et al*, 1999). O diagnóstico se dá quando do início dos sintomas neurológicos. Até o presente momento, não há um tratamento efetivo para Gangliosidose GM1.

1.1.2. Terapia Gênica para Gangliosidose GM1

A produção de enzimas lisossômicas e a subsequente correção da atividade enzimática em um número limitado de células podem resultar na correção de uma população celular bem maior devido à transferência intercelular de enzimas funcionais secretadas por células normais ou modificadas. Isto faz das doenças lisossômicas candidatas promissoras à terapia gênica, sendo este o princípio por trás das seguintes abordagens experimentais, classificadas por Sena-Esteves (2000) em:

- implante de célula autólogas modificadas que sobre-expressam a enzima lisossômica normal;
- alteração genética de células de medula óssea autóloga;
- transplante de células progenitoras neurais normais ou geneticamente alteradas;
- injeção direta de vetores virais ou não-virais.

A terapia gênica para Gangliosidose GM1 ainda não está em fase de aplicação clínica, encontrando-se em estágio de pesquisa. No Centro de Terapia Gênica (CTG) do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), local de realização do presente trabalho, desenvolvem-se projetos científicos de terapia gênica *in vitro* e *in vivo* para erros inatos do metabolismo, principalmente doenças lisossômicas. Estruturas de DNA de dupla fita circular e extra-cromossomal chamadas de plasmídeos são amplamente utilizadas em terapia gênica como vetores que transportam cópias saudáveis do gene de interesse para dentro das células. Os plasmídios são multiplicados por *Escherichia coli*, extraídos

dessas células bacterianas, separados por eletroforese, e purificados. Células em cultura e animais são transfectados com plasmídeos que podem ter sido associados a vetores de transferência tais quais os lipossomos (Balestrin et al., 2008). Este tratamento tem potencial de aumentar a atividade da enzima deficiente, aumentando a sobrevivência. Um exemplo de procedimento em estudo no CTG é a terapia gênica *in vitro* para Gangliosidose GM1, conforme demonstrado pela figura 1.

Uma simples observação dos protocolos das técnicas de bancada executadas no CTG permite constatar algumas características marcantes. Os protocolos são extensos, divididos em diversos passos que são apresentados como itens separados e os resultados são expressos numericamente, demonstrando forte identificação com os preceitos do método cartesiano (Descartes, 2003). No que diz respeito à linguagem empregada, a formalidade científica é rigorosamente seguida (Bachelard, 1972) e há predominância da palavra escrita e do imperativo na utilização dos verbos. Os alunos executam o procedimento em questão com diferentes graus de conhecimento dos aspectos científicos relacionados e suas experiências com práticas laboratoriais são próprias a cada um, pois os alunos são desde graduandos no início do curso até alunos dos programas de pós-graduação em ciências biológicas e da saúde. Isto permite pensar que há uma possibilidade de discrepância muito grande nas relações dos alunos com a ciência, particularmente na bancada: o procedimento pode ser executado por alunos com diversos graus de envolvimento, desde aqueles que se preocupam em entender a contextualização do protocolo até os que apenas seguem os passos indicados, sem uma noção mais aprofundada do que está acontecendo. A compreensão no sentido de proporcionar autonomia educacional – e não somente transferência de conhecimento (Freire, 1997) – não parece ser auxiliada pela linguagem formal e pela fragmentação em passos dos protocolos.

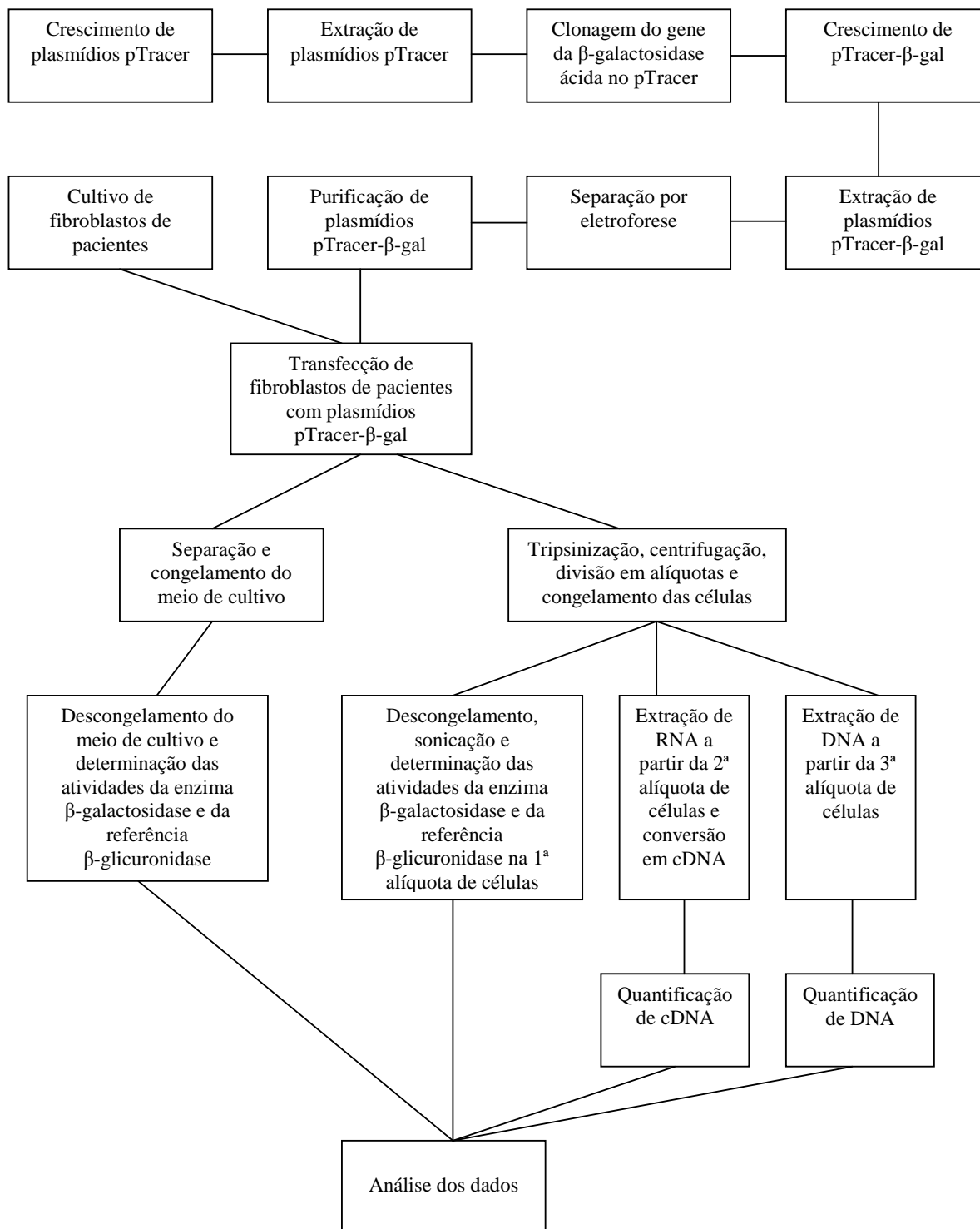


Figura 1: Estratégia para correção da deficiência de β -galactosidase (β -gal). Mutações no gene *GLB1* levam ao bloqueio da rota de degradação do gangliosídeo GM1. O plasmídeo *pTracer* é multiplicado por *E. coli* e extraído. O gene *GLB1* normal é clonado no *pTracer*, formando o constructo *pTracer- β -gal*, que é multiplicado por *E. coli*, extraído, separado por eletroforese e purificado. Fibroblastos de pacientes com GM1 Gangliosidose são cultivados e transfectados com *pTracer- β -gal*. O meio de cultivo das células é separado e congelado para posterior ensaio de atividade enzimática. As células são tripsinizadas, centrifugadas e congeladas para posterior ensaio de atividade enzimática e extração e quantificação de ácidos nucleicos.

1.2. Método Científico

O método científico é definido como “um conjunto de regras básicas de como se deve proceder a fim de produzir conhecimento dito científico, quer seja este um novo conhecimento quer seja este fruto de uma integração, correção (evolução) ou expansão da área de abrangência de conhecimentos pré-existentes. Na maioria das disciplinas científicas consiste em juntar evidências empíricas verificáveis - baseadas na observação sistemática e controlada, geralmente resultantes de experiências ou pesquisa de campo - e analisá-las com o uso da lógica. Para muitos autores o método científico nada mais é do que a lógica aplicada à ciência.” (Wikipédia, 2011). Outra definição encontrada fragmenta-se em três, conforme transcrito a seguir. “1- Um sistema empírico, experimental, lógico-matemático-conceitual que organiza e inter-relaciona fatos dentro de uma estrutura de teorias e inferências. 2- Pressupõe que tudo o que acontece tem uma causa específica, seguida de um efeito específico: que os efeitos podem ser deduzidos (prever-se) a partir de um conhecimento empírico das causas, e que o conhecimento das causas pode derivar-se do conhecimento dos efeitos. 3- Principia pela formulação de uma hipótese, isto é, de uma tese provisória que visa explicar algum fenômeno.” (Giles, 1993). Ao longo da modernidade e da contemporaneidade, diversas correntes de pensamento produziram e produzem uma grande variedade de conceituações e delineamentos para as atividades científicas que, inseridas em contextos históricos sociais, modulam a educação em ciências proporcionada aos alunos e a prática científica por eles exercida. Que método é este que os alunos desempenham?

As práticas científicas executadas no laboratório apresentam forte identificação com o método cartesiano. Os quatro preceitos apresentados por René Descartes em *Discurso do Método* orientam o pesquisador a nunca aceitar coisa alguma como verdade sem conhecer evidentemente como tal, evitar a precipitação; dividir cada uma das dificuldades em tantas partes quanto for possível e necessário para melhor resolvê-la; conduzir por ordem os pensamentos, começando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer até o conhecimento dos mais compostos; enumerar e revisar as conclusões, garantindo que nada seja omitido (Descartes, 2003). O primeiro preceito nos remete às questões científicas, às hipóteses nula e alternativa relacionadas a cada questão e os experimentos para testar estas hipóteses. O segundo preceito traz o princípio da separação, que se reflete na divisão das questões científicas em projetos

distintos que formam linhas de pesquisa específicas e inclusive utilizam áreas diferentes dentro do laboratório, mobilizando também indivíduos distintos. O princípio da redução é consequência do terceiro preceito, contendo duas ramificações. Uma delas é a redução do conhecimento de tudo à soma do conhecimento de suas partes, não levando em consideração a interação entre essas partes, o que se expressa, por exemplo, em dificuldade e tendência a pouca inter-relação entre os conhecimentos gerados até por projetos que compartilham objetos de estudo semelhantes. A outra é a redução que tende a limitar o conhecível ao que é mensurável, o que pode ser facilmente detectável nos resultados que são apresentados. Por fim, o quarto princípio se expressa na organização dos dados para apresentação e publicação.

Para Descartes, partindo da dúvida que desconfia de tudo que foi ensinado antes do uso da razão, o método é o meio de aumentar gradualmente o conhecimento e de elevá-lo pouco a pouco ao ponto mais alto. O trecho que segue, extraído de *O Método I*, de Edgar Morin (2002a), demonstra sua crítica ao método cartesiano. “Hoje, só se pode partir da incerteza, inclusive da incerteza sobre a dúvida. Hoje, o próprio princípio do método cartesiano deve ser metodicamente posto em dúvida, além da disjunção dos objetos entre si, das noções entre elas (as idéias claras e distintas) e da disjunção absoluta do objeto e do sujeito. Hoje, a nossa necessidade histórica é de encontrar um método que detecte e não que oculte as ligações, as imbricações, as interdependências, as complexidades.” Para Morin, o método deve conservar a relação circular entre ciências da natureza e ciências do homem. A realidade antropossocial depende da realidade física que depende da realidade antropossocial. O autor sustenta que conservar esta circularidade é recusar a redução de um dado complexo a um princípio mutilante, assim respeitando as condições objetivas do conhecimento humano, que comporta sempre, em algum lugar, um paradoxo lógico e uma incerteza. “Desde o início, estamos situados diante do paradoxo de um conhecimento que não somente se despedaça desde a primeira interrogação, mas que também descobre o desconhecido em si mesmo e ignora até mesmo o que significa conhecer.” (Morin, 2002c).

A conservação da circularidade entre objeto e sujeito abre a possibilidade de um conhecimento que reflete sobre si mesmo. “O conhecimento, com efeito, não pode ser um objeto como os outros, pois serve para conhecer os outros objetos e a si mesmo.” (Morin, 2002c). Isso quer dizer que, no que diz respeito à pesquisa científica, necessitamos de projetos que possam articular os objetos e os sujeitos, as ciências naturais e as ciências humanas, a realidade física e a realidade antropossocial, para que

possamos refletir sobre nossa experiência científica e suas qualidades. “O conhecimento do conhecimento alimenta-se principalmente dos conhecimentos científicos e dedica-lhes uma atenção privilegiada, pois são os únicos que sabem resistir à prova da verificação → refutação fornecendo assim dados relativamente seguros para o conheci-



mento do conhecimento.” (Morin, 2002c).

Descartes propôs o aumento gradual do conhecimento até elevá-lo ao ponto mais alto, o que nos passa a idéia de que os dados descobertos vão sendo somados em uma pilha cujo tamanho máximo, o qual se deseja alcançar, é o da soma de todas as partes. Morin, por sua vez, não interpreta o conceito de enciclopédia no sentido acumulativo, mas sim como a articulação dos pontos de vista separados do saber em um ciclo ativo (en-ciclo-pédia). Desta forma, a questão metodológica não é desvendar a totalidade do saber de cada esfera, e sim interpretar os conhecimentos cruciais, os pontos estratégicos, os nós de comunicação, as articulações organizacionais entre esferas separadas. Este ciclo ativo progride infinitamente em espiral. A soma das partes não leva em consideração as relações entre elas, dificultando não só a integração dos conhecimentos como também a reflexão sistemática sobre a experiência científica humana. A complexidade de Morin apresenta-se como um referencial capaz de ir além da geração de dados quantitativos, permitindo a interpretação qualitativa do conhecimento.

Para compreender a experiência do fazer ciência no CTG, ou em qualquer laboratório, é necessário um pensar ciência que vá além do método cartesiano. Sob a ótica de que um laboratório é formado por componentes diferentes e inseparáveis que constituem um todo e que há um tecido interdependente e interativo que relaciona esse todo com suas partes, o CTG é um ambiente de complexidade (Morin, 2006). Desta forma, a avaliação da implementação e execução dos procedimentos científicos leva necessariamente em consideração as peculiaridades contextuais do CTG, dentre as quais está o trabalho de alunos em um ambiente acadêmico de inauguração então recente. O CTG faz parte da vida dos alunos e estes, da vida do CTG. Sendo um laboratório de pesquisas em ciências da vida, o método científico é intensamente utilizado. O método científico interfere nos alunos, que interferem no método, refletindo a postura dos alunos frente à ciência.

1.2.1. Pesquisa Qualitativa

A pesquisa científica pode ser definida como a indagação realizada para alcançar a solução de um problema, utilizando para tanto o método científico. É o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos, sendo desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e procedimentos científicos (Minayo, 1996).

O critério mais usual para classificar as pesquisas é pelo ponto de vista dos seus objetivos. Por este ponto de vista, as pesquisas podem ser exploratórias, explicativas e descritivas. A *pesquisa exploratória* visa proporcionar maior familiaridade com o problema para torná-lo mais explícito ou construir hipóteses. Seu planejamento é flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado, envolvendo levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão. A *pesquisa explicativa* busca identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Explica a razão, o porquê das coisas, valendo-se quase exclusivamente do método experimental. Os objetivos da *pesquisa descritiva* são as descrições de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Quando a determinação da natureza dessa relação entre variáveis é também seu objeto, ela se aproxima da pesquisa explicativa. E quando as pesquisas descritivas acabam servindo mais para proporcionar uma nova visão do problema, aproximam-se das exploratórias (Minayo, 1996).

A classificação quanto à forma de abordagem do problema de pesquisa divide a pesquisa em quantitativa e qualitativa. A pesquisa quantitativa considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números as informações, utilizando técnicas e recursos de estatística para sua análise e interpretação. Por outro lado, a pesquisa qualitativa parte do princípio que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade das pessoas que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa, não requerendo o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. A descrição do processo e a interpretação do seu significado são os principais focos (Minayo, 1996). Apesar de as

abordagens quantitativas dominarem amplamente a pesquisa realizada em ciências biológicas, o presente trabalho faz uso da pesquisa qualitativa.

São duas as principais correntes de pensamento contemporâneo que têm orientado a pesquisa qualitativa: a Fenomenologia e o Marxismo. A Fenomenologia nasceu na segunda metade do século XIX justamente como uma oposição ao pensamento positivista que separa sujeito e objeto. A extinção dessa separação permite que o pesquisador descreva, compreenda e interprete os fenômenos que se apresentam à sua percepção. Toda a compreensão possível dos fenômenos é dependente do observador e de suas experiências pessoais. Alguns dos principais pensadores da Fenomenologia foram Edmund Husserl, Martin Heidegger, Jean-Paul Sartre e Maurice Merleau-Ponty (Trivinões, 1987).

O Marxismo é o conjunto de idéias elaboradas primariamente por Karl Marx e Friedrich Engels e desenvolvidas mais tarde por outros seguidores. Baseado na concepção materialista e dialética da História, o Marxismo compreende o homem como um ser social histórico e interpreta a vida conforme a dinâmica das sociedades. A busca do conhecimento requer a contemplação viva do fenômeno como etapa inicial, seguida pela análise do fenômeno e pela interpretação da realidade concreta desse fenômeno (Trivinões, 1987).

A identificação dos pesquisadores com uma corrente de pensamento atua como guia para a elaboração e a realização de um estudo científico. Em que pese o fato de que a Fenomenologia e o Marxismo possuem diferenças de base (o primeiro centrado na experiência pessoal e o segundo no contexto sócio-histórico), autores contemporâneos têm utilizado elementos de ambas correntes do pensamento.

A fase exploratória da pesquisa qualitativa inicia com a escolha do tópico de investigação, levando a uma pesquisa bibliográfica que proporcionará a delimitação do problema de pesquisa e das hipóteses relacionadas. A justificativa do estudo e definição dos seus objetivos se tornam assim claras. O estabelecimento de um marco teórico conceitual permite a construção dos instrumentos de coleta de dados, que são principalmente o roteiro de entrevista, o questionário, e a observação.

O roteiro é utilizado para orientar uma conversa que tem finalidade definida. Ele deve facilitar a abertura entre entrevistador e entrevistado para que a comunicação possa ser ampliada e aprofundada. Para tanto, prima-se por roteiros com poucas perguntas. Cada questão deve fazer parte do delineamento do estudo e se encaminhar para lhe dar forma e conteúdo, contribuindo para emergir as relevâncias dos fatos e relações

presentes. O princípio do questionário é o mesmo que o do roteiro, com a diferença de que o questionário é preenchido isoladamente pelo participante.

A observação é uma técnica de coleta de dados que utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos ou ferramentas que se deseja estudar, auxiliando o pesquisador a identificar e a obter provas a respeito de questões do estudo. Na fase exploratória, deve-se definir se a observação será livre ou seguirá um roteiro.

A construção dos instrumentos de coleta de dados está entrelaçada com o planejamento da exploração do campo de estudo. Define-se, portanto, os critérios de amostragem para estabelecer qual será o grupo de indivíduos que farão parte da pesquisa, o espaço onde a pesquisa ocorrerá, o tempo de duração e a estratégia de entrada em campo. Esse planejamento é fundamental para garantir condições à abrangência e ao aprofundamento da compreensão da realidade a ser estudada, preocupação primordial da pesquisa qualitativa na busca de refletir a totalidade.

Campo é compreendido como o recorte espacial onde ocorre a coleta de dados da investigação. Na pesquisa qualitativa, o trabalho de campo é essencial, pois é da interação entre o pesquisador e os sujeitos, comumente por entrevistas, que os dados emergem (Minayo, 1996).

A entrevista é um encontro entre pessoas para que o pesquisador obtenha informações a respeito de determinado assunto mediante uma conversação de natureza profissional. O entrevistador pode seguir um roteiro previamente estabelecido de forma definitiva, o que se denomina de entrevista estruturada, ou permitir o desenvolvimento de cada situação em qualquer direção que considere adequada, o que caracteriza a entrevista não-estruturada. A combinação entre um roteiro previamente definido que também permita interação livre é chamada de entrevista semi-estruturada.

O sucesso de uma entrevista se apóia no trabalho realizado na fase exploratória da pesquisa. O roteiro da entrevista deve ser elaborado com base nos referenciais teóricos da pesquisa, levando em consideração tanto o conteúdo das questões quanto a forma como elas são redigidas e a maneira pela qual serão comunicadas aos entrevistados. É necessário criar condições favoráveis para realizar entrevistas satisfatórias, o que requer conhecimento prévio sobre os entrevistados e o ambiente. O contato com os líderes do grupo em questão é geralmente necessário para oportunizar as entrevistas. Também é preciso que o entrevistador domine suficientemente as técnicas de entrevista para realmente obter os dados essenciais à pesquisa. O preparo adequado

permite que os principais problemas em entrevista sejam evitados ou contornados, como a falta de motivação dos entrevistados, a compreensão inadequada das perguntas, a inabilidade dos entrevistados para responder, o fornecimento de respostas falsas e a influência exercida sobre o entrevistado pelo aspecto pessoal do entrevistador (Triviños, 1987).

A interpretação científica dos resultados obtidos pelo método qualitativo é diferente do que o tradicionalmente apresentado pelo método quantitativo. Os dados coletados na fase de trabalho de campo podem ser tratados por diversas técnicas, o que permite a expressão dos resultados quantitativa ou qualitativamente. A análise de conteúdo é compreendida como um conjunto de técnicas de análise de comunicação que visa obter indicadores relativos aos dados coletados. São empregados procedimentos sistemáticos, objetivos e estatísticos para a descrição dos dados, tais como as análises de expressão, das relações, representacional, de enunciação e temática.

A análise do discurso surgiu na década de 1960. Seu princípio é a articulação da teoria do discurso, do materialismo histórico, da lingüística, e da teoria da subjetividade de natureza psicanalítica. Fazer a reflexão geral sobre as condições de produção e apreensão de significados de textos é o seu objetivo principal.

A análise de conteúdo e a análise do discurso se colocam como ferramentas de interpretação. A hermenêutica-dialética, por sua vez, se apresenta com um caminho do pensamento. Hermenêutica significa a explicação e a interpretação de um discurso. Esta interpretação pode ser literal - a averiguação do sentido das expressões usadas por meio de uma análise lingüística - ou temática - a compreensão simbólica de uma realidade a ser penetrada importando mais que a expressão verbal em si. A dialética, por sua vez, é a busca por reflexão acerca da realidade. A hermenêutica-dialética, portanto, tem como objetivo interpretar o conteúdo de uma pesquisa de forma a refletir sobre a realidade na qual os sujeitos estudados estão inseridos (Minayo, 1996).

1.2.2. Os Processos de Aprender a Fazer Ciência no Centro de Terapia Gênica

Como os alunos aprendem os procedimentos laboratoriais? Uma maneira comumente desempenhada no CTG (que, por experiências em outros laboratórios e por relatos de colegas pesquisadores, sabe-se ser bastante empregada nos ambientes de pesquisa acadêmica laboratorial) é constituída por três etapas. Primeiramente, um pesquisador com experiência no procedimento a ser ensinado dá explicações teóricas ao

iniciante, etapa cujo grau de profundidade pode variar extremamente. Estas explicações podem se resumir ao mero fornecimento de poucas informações em encontro único já à bancada imediatamente antes da segunda etapa. Por outro lado, pode ocorrer um encontro prévio para o direcionamento e acompanhamento de um estudo aprofundado. Este pode usar ou buscar materiais diversificados no sentido de proporcionar uma base sólida dos conhecimentos técnico-científicos relacionados ao procedimento, além de esclarecer sua inserção no projeto científico e na linha de pesquisa. Tal abordagem proporciona ao aprendiz oportunidade para questionamentos e reflexões. Por vezes, porém, essa primeira etapa pode nem ocorrer. Na segunda etapa, o iniciante observa o pesquisador mais experiente, que realiza o procedimento à bancada uma ou mais vezes. Além da influência de experiências laboratoriais prévias, o senso crítico do iniciante é fomentado pela primeira etapa. A realização da técnica pelo iniciante, acompanhado pelo pesquisador mais experiente, constitui a terceira etapa, ocorrendo também uma ou mais vezes e, da mesma forma, sendo influenciado por outras experiências e pelas etapas anteriores. Em seguida, o iniciante passa a realizar o procedimento por conta própria.

Chamamos o processo descrito acima de aprendizado vertical, pois ocorre entre um pesquisador mais e um menos experiente. Este processo está geralmente atrelado a necessidades dos projetos de pesquisa, dos próprios pesquisadores e de organização do laboratório – como um projeto que conta com um pesquisador novo, um pesquisador que precisa realizar um procedimento que ainda não conhece ou o responsável por uma tarefa que vai embora e precisa treinar seu substituto. Há, entretanto, outros processos de aprendizado que ocorrem no laboratório em situações diversas, que podemos chamar de aprendizado horizontal. São situações de maior informalidade, nas quais as discussões científicas em caráter de debate livre permitem que os pesquisadores soltem sua imaginação sem a preocupação de não saber ou errar. Este aprendizado horizontal requer um ambiente adequado, no qual a hierarquia e a experiência dos envolvidos, apesar de influenciarem, ficam relegadas a um segundo plano.

Tais processos de ensino/aprendizagem, contudo, não são cientificamente sistematizados. Há, portanto, uma riqueza de conhecimentos decorrentes das atividades laboratoriais que é muito pouco explorada. Desta forma, o refletir qualitativamente sobre temas relacionados à relação dos alunos com os procedimentos laboratoriais e aos processos educacionais ocorrentes no CTG passou gradativamente a ganhar mais espaço no nosso pensar ciência.

A pesquisa em ciências biológicas e da saúde concentra-se no estudo experimental com enfoque nos objetos de interesse e interpretação quantitativa dos resultados. Desta forma, os trabalhos científicos que estudam os sujeitos pesquisadores nesses campos do conhecimento oportunizam compartilhar conhecimentos complementares que enriquecem a compreensão da ciência como um todo.

Tratando-se de um laboratório de pesquisa inserido no contexto de um hospital universitário, a avaliação da implementação e execução dos procedimentos é necessária não só pela busca de excelência técnico-científica, mas também pela interpretação dos processos educacionais ocorrentes (Freire, 1997). Estes processos científicos e educacionais refletem o contexto histórico social no qual o CTG está inserido (Freire & Shor, 1987). Contudo, a quase totalidade das divulgações do CTG nos meios acadêmicos e científicos constitui-se de resultados de experimentos de bancada. Identifica-se, aqui, a disjunção entre a descrição dos objetos, a descrição da descrição e a decifração de quem descreve; ou seja, a não articulação entre objeto e sujeito que está diretamente relacionada à separação entre ciências naturais e as ciências antropossociológicas (Morin, 2002a,b,c,d). Para compreender os processos de aprender a fazer ciência, é necessário desenvolver projetos que estudem o sujeito que pesquisa, ou seja, que voltem os olhos para o pesquisador.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Articular a relação entre sujeito que pesquisa e objeto pesquisado, problematizando a pesquisa qualitativa com enfoque em educação em ciências no CTG.

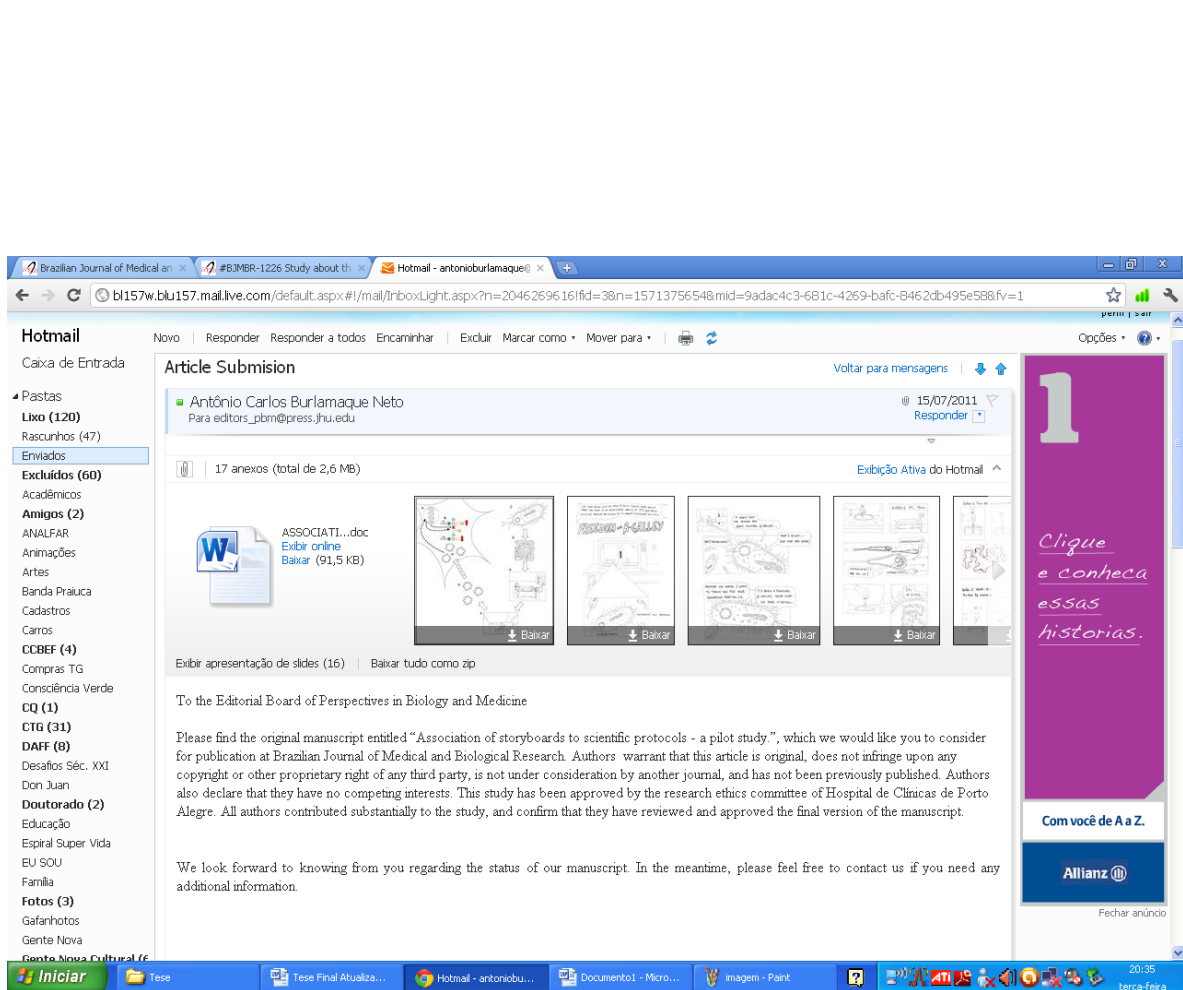
2.2. Objetivos Específicos

- Elaborar materiais de arte-educação e implementar sua associação aos protocolos de bancada relacionados.
- Estudar, através da obra de Edgar Morin, a relação dos alunos do CTG com o método científico e seu aprender a fazer ciência.

3. Artigos

3.1. Association of storyboards to scientific protocols – a pilot study.

Artigo submetido ao periódico *Perspectives in Biology and Medicine* em 14/07/2011.



Association of storyboards to scientific protocols – a pilot study.

Burlamaque-Neto, A.C.^{1,2}; Santos, G.R.²; Lisboa, L.M.²; Ricci, C.G.³; Goldim. J.R.⁴;
Giugliani, R.^{1,2}; Machado, C.L.B.⁵; Matte, U².

1 - Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Bioquímica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil;

2 - Centro de Terapia Gênica, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brazil;

3 - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, RS, Brazil;

4 - Serviço de Bioética, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brazil;

5 - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil.

Antônio Carlos Burlamaque Neto (corresponding author)

Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Bioquímica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Rua Ramiro Barcelos, 2600 – Prédio Anexo - Bairro Santa Cecília - Porto Alegre – RS – Brazil 90035-003

E-mail: antonioburlamaque@hotmail.com

Fax: (55) 51 3308 5540

Telephone: (55) 51 3308 5538

Abstract

University students generally arrive at academic centers of scientific research without going through a previous teaching and learning process on research. Such learning takes place at these very centers through informal educational processes that are rarely analysed. In academic laboratories on biological and health science, performing techniques is one of students' main activities. Students make use of guides such as scientific protocols and manufacturers' instructions, which are not designed to be learning materials. This study's objective was to create storyboards based on scientific protocols and test them in association to such protocols on a pilot group of students. A posttest-only control-group experimental design was developed using Edgar Morin's complexity as theoretical reference. Students went through five stage experiences that included a semi-structured interview. Collected data were analyzed using the hermeneutics-dialectics analysis method proposed by Minayo and discussed in regard to complexity. Association of storyboards to protocols was feasible and reported as capable of inciting memory, improving comprehension of relationships between separated steps of protocols, and instigating reflections about scientific method and lab procedure learning process. This study articulates the studies of objects and subjects at academic science research by focusing students' and their learning process.

Introduction

Science teaching and learning processes carried out at universities occur at three main settings: regular theoretical classes, laboratory classes that offer practical activities, and extra-class activities such as research. Although the scientific content presented to students in the classroom is related to the theoretical knowledge that underpins research, classes are directed to the fundamental principles of science and professional techniques. In a general way, students arrive at the centers of scientific research without going through a previous teaching and learning process on research. Such learning takes place at these very spaces of scientific research through an informal educational process. While numerous scientific papers report the findings of research itself, the teaching and learning processes that occur while students execute such research are rarely analyzed.

In academic laboratories on biological and health science, performing scientific research techniques is one of students' main activities. Students make use of guides such as scientific protocols and manufacturers' instructions. When using kits, protocols provided by manufacturers are frequently the only guide used. However, in spite of being excellent for experienced researchers, these protocols are not designed to be teaching and learning materials for academic research students. This led us to propose the following research question: can the association to protocols of art-education materials that make use of different communication resources improve students' scientific experiences?

One of the main research projects in our lab is *in vitro* and *in vivo* gene therapy for inborn errors of metabolism, especially lysosomal storage disorders. These are monogenic diseases caused by mutations in one gene, leading to transcription of an abnormal enzyme that disturbs a metabolic pathway, which in turn results in several clinical manifestations

(Scriver et al. 2000). Double helix circular extra-chromosomal DNA structures called plasmids are widely used in gene therapy as vectors to carry healthy copies of genes into cells. Plasmids are multiplied in *Escherichia coli* cells and submitted to extraction from bacterial cells, electrophoresis separation, and gel band purification. Cultured cells and animals are transfected by purified plasmids that may have been associated to transference vectors such as liposomes. This treatment may increase the activity of the deficient enzyme, being beneficial to survival. One example of such situation under study in our lab is GM1 Gangliosidosis, a deficiency of β -galactosidase enzyme (Balestrin et al. 2008), as shown in figure 1. Based on this situation, we envisaged storyboards that portrait the scientific procedures mentioned above and could be used by students in association to protocols provided by manufactures.

It has been reported that the use of informal language brings students closer to science (Caruso, Carvalho, and Silveira 2005), and that art-education materials stimulate students' motivation and creativity (Mae 1975), which may improve their educational autonomy (Freire 1997). In this study we produced storyboards based on scientific protocols and tested them on a pilot group of students.

Materials and Methods (A)

This study was carried out at Centro de Terapia Gênica (CTG) of Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), the teaching hospital of Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). The experimental design used was the posttest-only control-group (Campbell and Stanley 1979). Considering that the academic space of scientific research where students' learning processes occur is composed by different and inseparable

components that form a whole and that there is interdependent and interactive tissue that relates this whole with its parts (Morin 1999 and 2002a), the theoretical reference used was Edgar Morin's complexity.

We have created and tested two sequential storyboards that portrait scientific protocols. *Freedom for β -Galley* portraits plasmid purification using Qiagen's Midi Kit protocol (Qiagen 2011). *Cell Reality Transformation* features plasmid transfection, including previous electrophoresis separation and gel band purification. The protocols described are Amersham Biosciences' GFX Gel Band Purification Kit (Amersham Biosciences 2011) and Invitrogen's Lipofectamine 2000 (Invitrogen 2011) cell transfection kit.

Selected students (n=16) participated of five stage experiences:

- I. Theoretical explanations regarding techniques and protocols.
- II. Watching these techniques being performed on the bench by one of the authors.
- III. Individual practice under supervision of the authors, with or without storyboards (n=8/group), as shown in table 1.
- IV. Interview.
- V. Feedback meeting for doubts explanations, conversation about the experiences, and handing in of related materials (including a copy of the storyboards).

Table 1: Number and distribution of participating students per experience.

	Experience 1: plasmid purification	Experience 2: electrophoresis separation, gel band purification, and transfection
Protocol(s) only	N = 4	N = 4
Protocol(s) + Story Board*	N = 4	N = 4
Total	N=8	N=8
	N=16	

*Students were instructed to use scientific protocols as main reference and the storyboards as support material.

A semi-structured interview script was prepared to access participating students' subjective reports. The interviews were carried out after presentation and signature of an informed consent form approved by the research ethics committee of HCPA (registered under number 07-611). Total confidentiality was requested from the participating students as to the content of the interviews, which had their audios recorded.

Collected data were analyzed using the hermeneutics-dialectics analysis method proposed by Minayo (1996). At the level of fundamental determination, it was determined that only students that had never performed the techniques at issue would participate. The level of the encounter with empiric facts constituted the experimental procedure described above. Ordering of the data included the hearing of the interviews' recordings by the authors, the transcription of the interviews, and the observations reported by the interviewer. Data were classified according to three different categorical divisions: by respondent, by questions and by theme. Final analysis consisted of articulating collected data to the complexity theoretical reference.

Results

Two storyboards that portrait scientific techniques were created and tested in association to corresponding protocols in our lab: *Freedom for β -Galley*, based on Plasmid Purification Midi Kit protocol, followed by *Cell Reality Transformation*, which features electrophoresis separation, GFX Gel Band Purification Kit protocol, and Lipofectamine 2000 cell transfection protocol, as shown in figure 2. Storyboards are not mere illustrations of techniques' execution; characters are involved in a plot that expresses moral lessons related to the goals of the scientific project. Scripts are naturally linked to each other as they portrait a sequence of protocols, this way working as chapters of a bigger story. Nevertheless, each chapter is a complete plot that can be used separately making perfect sense.

Interviews began with identification questions that were prepared to set the mood of the respondent and introduce the subject. A total of 16 students were interviewed, according to table 1. First, students were asked to freely describe the experience. In a general way, students' stated that they were used to being submitted to steps I to III of the five stage experience (theoretical explanations, watching an experienced researcher, and practicing under supervision) because that is basically how they are taught in the laboratory. Nevertheless, they showed surprised to be invited to participate in such a research project. Students liked the experience, considered it useful, and were grateful for the authors' concern about their learning. Those who used the story boards thought it was fun and exciting.

Then, for steps I to III of the five stage experience, students answered a set of three questions:

- a. Do you think the method for this step was appropriate?
- b. How did you feel about it?
- c. What are your suggestions?

The method for each step was described as appropriate by all participants. Students were usually uneasy when asked about how they felt; answers were mostly about the experience (in an objective way, such as “It was interesting”) instead of their feelings. No suggestions concerning the teaching and learning process were made.

Students that used the association of materials were asked how they thought storyboards interfered on the experience. Techniques were normally executed and there were no indications that the story boards could confuse students. In fact, a gain of sense and meaning due to association of materials was reported, as expressed by one of the participants: *“What I liked about the story board is that it brings theoretical explanations, it explains each step, why you’re using a specific buffer... The story board is more interesting (than the protocol) in the sense that it explains the steps and what you’re doing.”* The same student continued: *“It’s a way of making people retain (knowledge), learn in a way, I don’t know, not conventional (...), something informal that ends up making you recall more.”*

Although stories were tested separately as two different experiences, both sets of students’ pointed out the same themes. Images and plots were reported as capable of stimulating memory and improving comprehension of relationships between distinct steps of protocols. One of the students categorically stated: *“The drawings and the story itself help me remember better.”*

Last, students answered two final questions: “if such technique had never been executed in our lab, do you think you could standardize it by yourself just by using the

materials provided by the manufacturer?” and “after this experience, do you feel ready to perform this technique on your own?”. For the first question, students in all groups either answered that they did not think they could do it or that it would be very difficult to standardize an entirely new procedure just by using the materials provided by the manufacturer. They spontaneously stated that they need to be taught by someone experienced. For the second question, students from all groups answered that they think they could perform such techniques on their own after going through the teaching and learning process, but also stated that contact to an experienced researcher would still be necessary for doubts, unexpected events, and further explanations. All students that used the association of materials considered that the storyboards would be helpful on both situations. Testing of both stories separately led to similar results, indicating a saturation phenomenon.

Discussion

Laboratory experience on academic science research is not restricted to execution of scientific experiments; it involves participation in every issue of laboratory's life: implementation and standardization of techniques, acquisition of equipments and reagents, development and improvement of various activities such as journal club, seminars, and others. Nevertheless, scientific papers published by biological and health science research labs are usually limited to the experiments themselves, which may indicate that only a part of the knowledge produced by lab work is being systematically analyzed, organized and scientifically shared with peers.

It is worth noticing that, although this study has been conducted in an academic environment, participating students were surprised by a research project in such fashion. Partly, they do not recognize the teaching and learning processes in which they take part almost daily. The lab seems to be perceived as a working place more than a learning space. They are used to perform techniques for pragmatic reasons and were surprised to be taught of something just for the studying of teaching and learning.

Answers to the questions concerning steps I to III of the experience were very brief: methods were always considered adequate, feelings were avoided, and no suggestions were made. On the other hand, reflections about the relationship between students and science research procedures as well as concern about current educational processes in academic science research arose spontaneously during the interviews. Comments about the storyboards by students who used the association of materials were also abundant.

The fact that students did not have much to say about steps I to III of the experience reflects a general idea that the methods are not to be questioned, which may be related to how procedures are taught and conducted. In order to fulfill its scientific objective goals, biological and health science experimental research traditionally follow protocols, which are logically identified to the Cartesian method (Descartes 2003) as are the experiments they guide. Observation of protocols points out that they are usually extensive, divided into several steps presented as distinct items, and expected results are expressed numerically. Employed language follows strictly science formality; written sentences are predominant with imperative conjugated verbs and other communication forms and resources are rarely used. Protocols not only are not conceived to be teaching and learning materials, but are also distant from students when considering communication aspects.

According to Edgar Morin, formal language excludes analogies and metaphors, which are necessary ingredients to thinking. Sense emerges from a complex psycho-cerebral process that happens from a cultural background on and is marked by our living past experience, putting to action our linguistic competence and our logic machinery. Informal language works as a complementation to the scientific language of protocols as it allows both inflexibility avoidance and language precision maintenance (Morin 2002b). Our storyboards make use of students' daily informal language and association to formal protocols were reported as capable of inciting memory, improving comprehension of relationships between separated steps of protocols, and instigating reflections about scientific method and lab procedure learning process.

Memory researcher Ivan Izquierdo defines memory as acquisition, formation, conservation, and recollection of information, being modulated by emotions, conscience level, and spiritual states. There are different types of memory for stimuli come from different experiences that involve different senses (Izquierdo 2002). Thus, storyboards' images and plots can stimulate memory through different senses than protocols and promote logical continuity to technical events, making it easier for students to connect protocol steps one to another. Formal memory tests to rate student's recollection are, therefore, part of the perspectives for the continuity of this study.

Cartesian paradigm separates subject and object, keeping reflexive philosophy and natural sciences research as spheres that do not communicate (Morin 2002a,b,c,d, and 2006). Our experience of storyboards' creation and association to scientific protocols allows articulation between the studies of objects and subjects. Participants were instigated to think critically and complexly about techniques and relationships between students and

protocols, which generated reflections about scientific method and lab procedure learning methods, for example: *“I think that following (the protocol) like that ‘put it in the centrifuge, take it out of the centrifuge’, you know, if you don’t read the storyboards or receive some explanation, you may proceed without having the slightest idea of what you’re doing.”*

We must emphasize here that we are not proposing that protocols’ format should be altered. Protocols express scientific language as they have to in order to be clear and accurate; their main purpose is not working as a learning material for academic research students. Therefore, and according to the subject matter so far presented here, it seems that academic research on health and biological sciences could make better use of didactic materials that can help learning lab techniques. This is probably directly related to focusing research much on objective bench experiments and little on students’ learning process. Thus, as we included the study of the subjects in our research interest, we identified that art-education materials can play an important role as learning tools. Students are encouraged to go beyond reproduction of procedures as conditions for educational autonomy are favored by multiple sensorial stimuli, creativity, and complex thinking, which are necessary for students to experience science research procedures by their own means (Freire 1987 and 1997).

Conclusion

Creation of story boards portraying scientific protocols has produced original art-education materials that provide better understanding of corresponding protocols and stimuli to complex thinking of technique learning and execution. Association to scientific

protocols was feasible and reported as capable of inciting memory, improving comprehension of relationships between separated steps of protocols, and instigating reflections about scientific method and lab procedure learning process. Based on complexity as theoretical reference, this work articulates the studies of objects and subjects at academic science research by focusing students' and their learning process.

References

Amersham Biosciences. 2011. GFX Gel Band Purification Kit.
<http://www.amershambiosciences.com>

Balestrin, R.C., et al. 2008 Transient high-level expression of beta-galactosidase after transfection of fibroblasts from GM1 Gangliosidosis patients with plasmid DNA. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 41:283-88.

Campbell, D.T., Stanley, J.C. 1979. Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa. São Paulo: EPU.

Caruso, F., Carvalho, M., Silveira, C.O.M. 2005 Ensino não-formal no campo das ciências através dos quadrinhos. *Ciência e Cultura* 57(4): 33-35.

Descartes, R. 2003. Discurso do Método. 2nd ed. São Paulo: Martins Fontes.

Freire, P. Shor, I. 1987. Medo e ousadia: o cotidiano do professor. 2nd ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Freire, P. 1997. Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra.

Invitrogen. 2011. Lipofectamine 2000 transfection kit. <http://www.invitrogen.com>

Izquierdo, I. 2002. Memória. Porto Alegre: Artmed.

Mãe, A. 1975. Teoria e prática da Educação Artística. São Paulo: Cultrix.

Minayo, M.C.S. 1996. O desafio do conhecimento – pesquisa qualitativa em saúde. 4th ed. São Paulo: Hucitec.

Morin, E. 1999. Seven complex lessons in education for the future. Paris: Unesco Publishing.

Morin E. 2002. O método 3: o conhecimento do conhecimento. 2nd ed. Porto Alegre: Sulina.

Morin E. 2002. O método 1: a natureza da natureza. 2nd ed. Porto Alegre: Sulina.

Morin E. 2002. O método 4: as idéias – habitat, vida, costumes, organização. 2nd ed. Porto Alegre: Sulina.

Morin E. 2002. O método 2: a vida da vida. 2nd ed. Porto Alegre: Sulina.

Morin E. 2006. A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento. 12nd ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Qiagen. 2011. Qiagen's Plasmid Purification Midi Kit. <http://www.qiagen.com>

Scriver, C.R. et al. 2000. The Metabolic and Molecular Bases of Inherited Disease. 8th ed. Blacklick: Mcgraw-Hill Book Company.

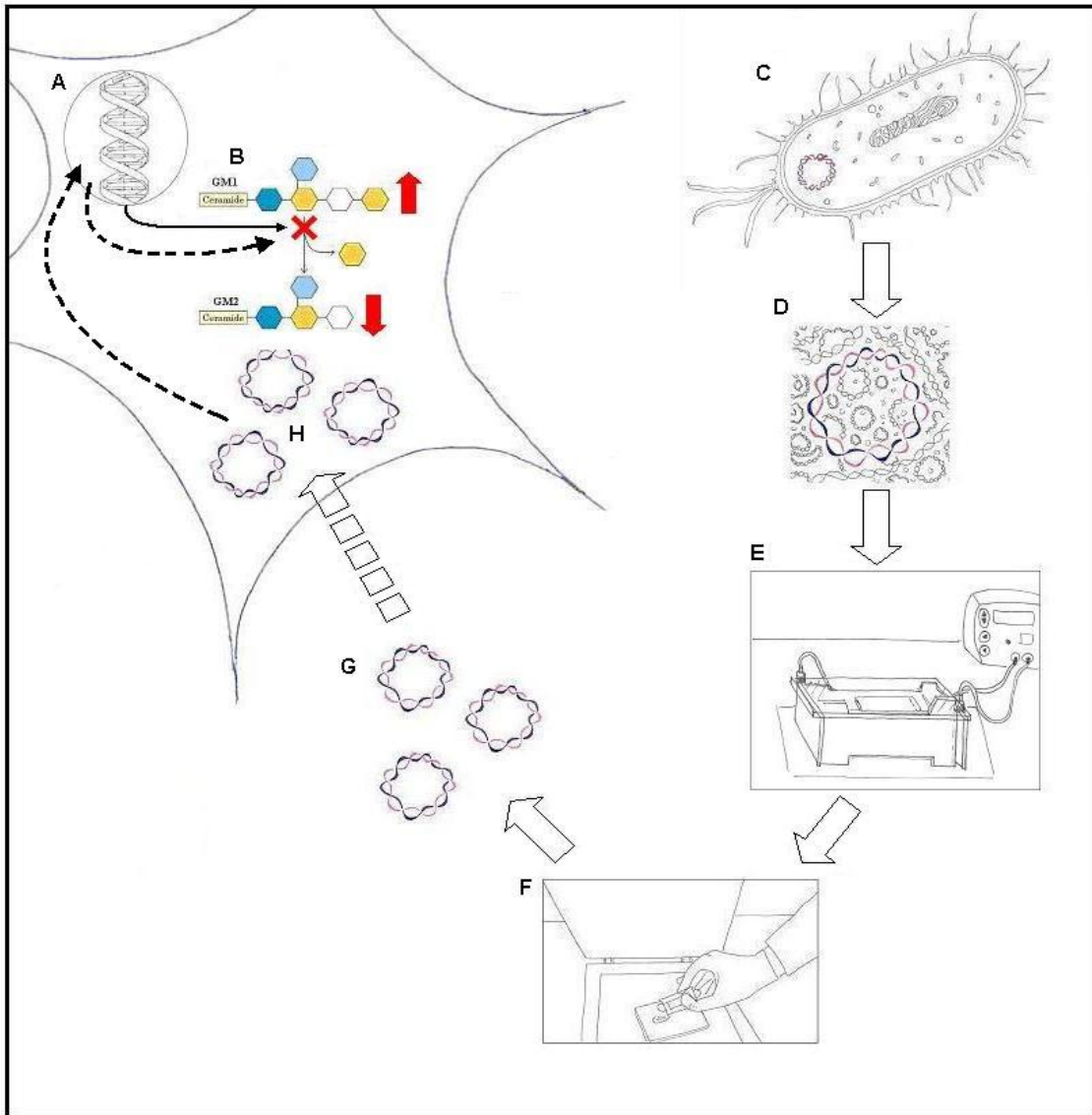


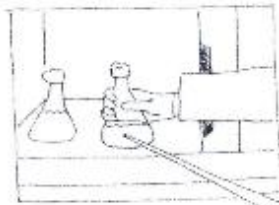
Figure 1: Strategy for β -galactosidase deficiency correction. Mutations in GLB1 gene (A) lead to blockage of GM1ganglioside degradation pathway (B). Plasmids carrying normal GLB1 gene are multiplied in *E. Coli* (C) and purified through multiple steps (D-F), including electrophoresis separation and gel band purification. Finally plasmids are transfected to cells (G) and restore normal enzyme activity (H).

Figure 2: cartoons.

OUR STORY BEGINS WITH OUR HERO, β -GALLEY PLASMID, AFTER HAVING SPENT THE NIGHT IN AN ERLLENMEYER SHAKING AT 37°C AND BEING MULTIPLIED THROUGH THE DIVISION OF IT'S CARRIER, "HISTERICHIAL" COLI CELLS.

FREEDOM FOR β -GALLEY

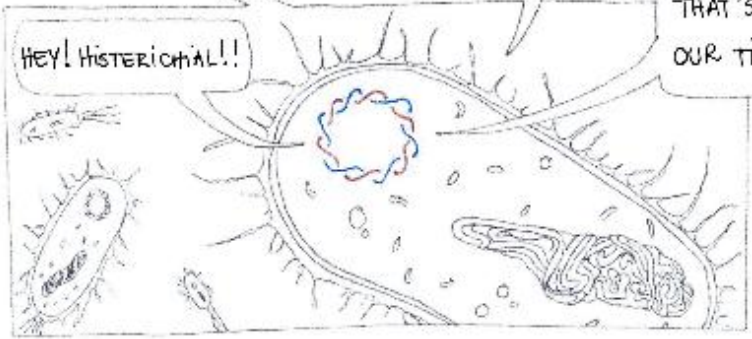




IT SEEMS THAT THE SHAKER HAS BEEN STOPPED, β -GALLEY...

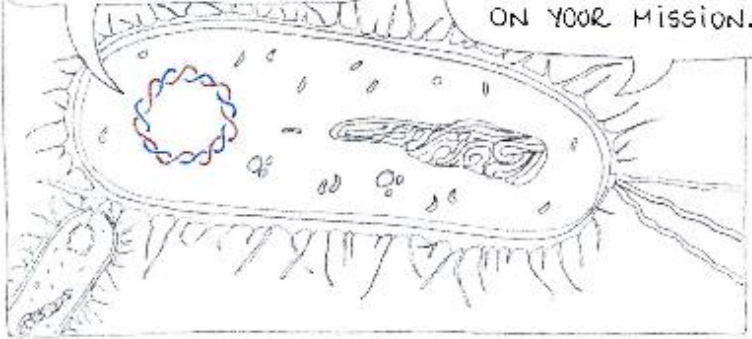
HEY! HISTERICHAL!!

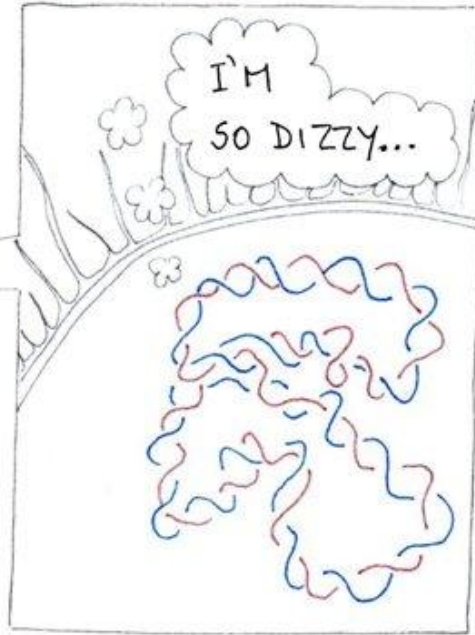
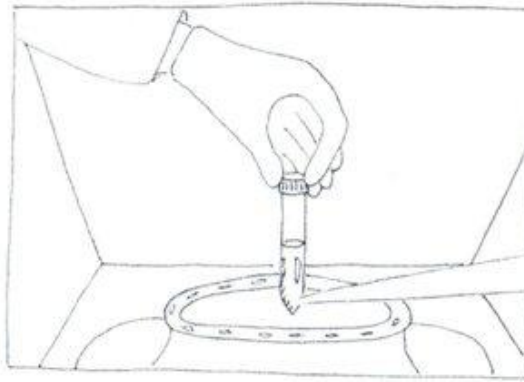
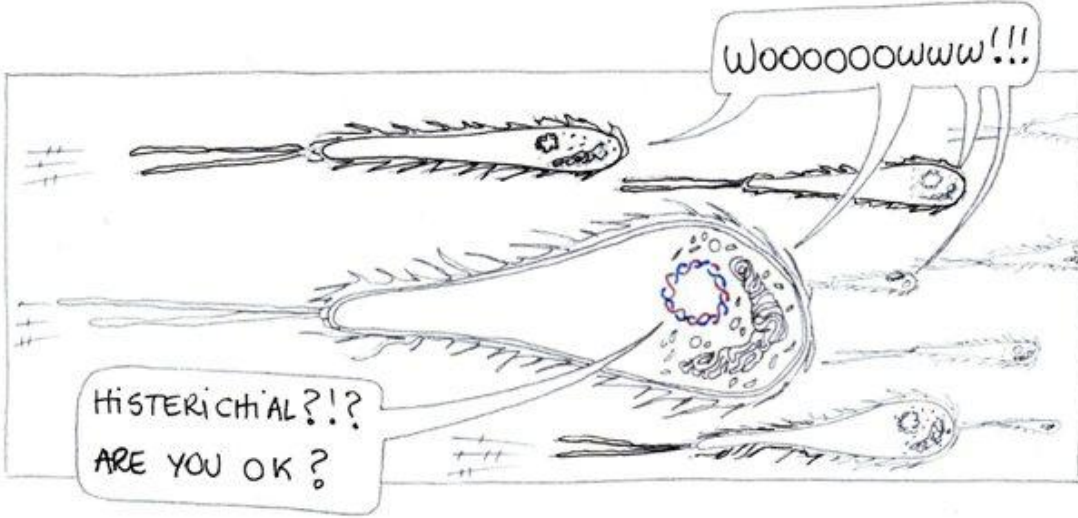
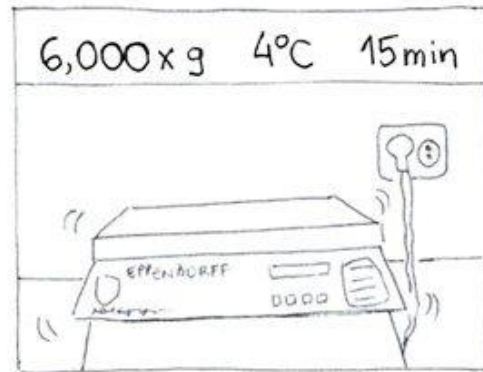
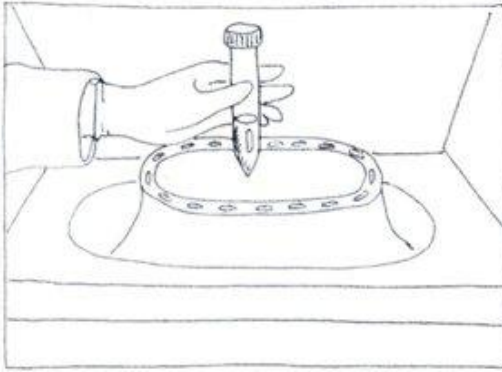
THAT'S RIGHT... OUR TIME HAS COME!



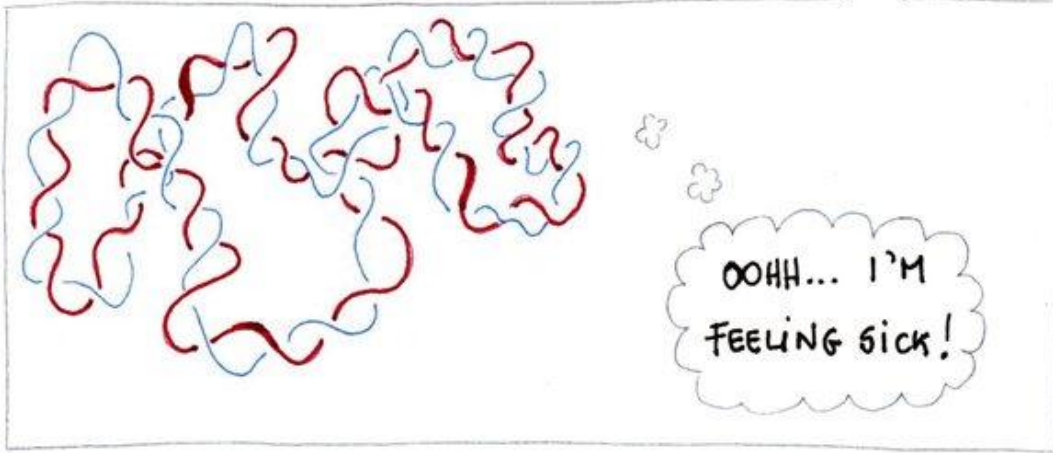
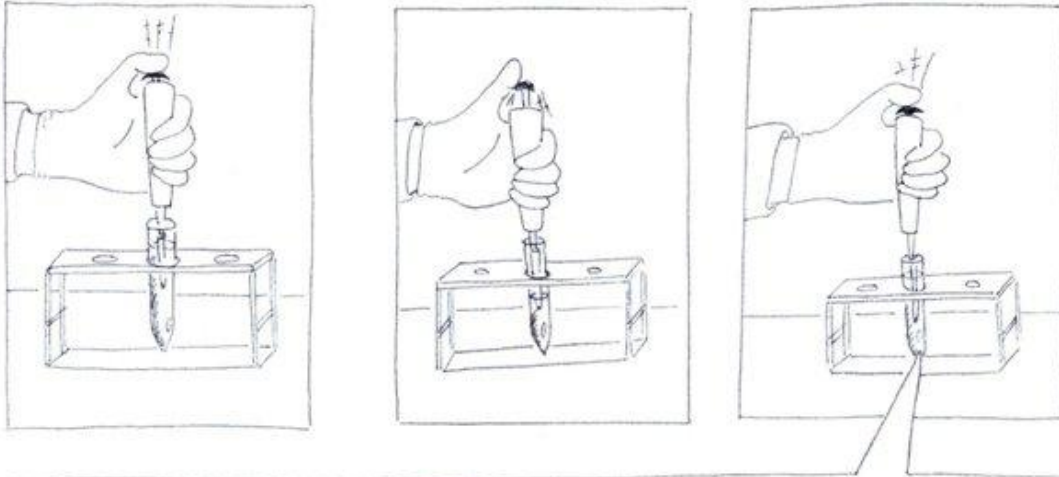
BEFORE WE LEAVE, I WANT TO THANK YOU FOR YOUR GENEROUS HOSPITALITY.

IT'S BEEN A PLEASURE, β -GALLEY. GOOD LUCK ON YOUR MISSION...

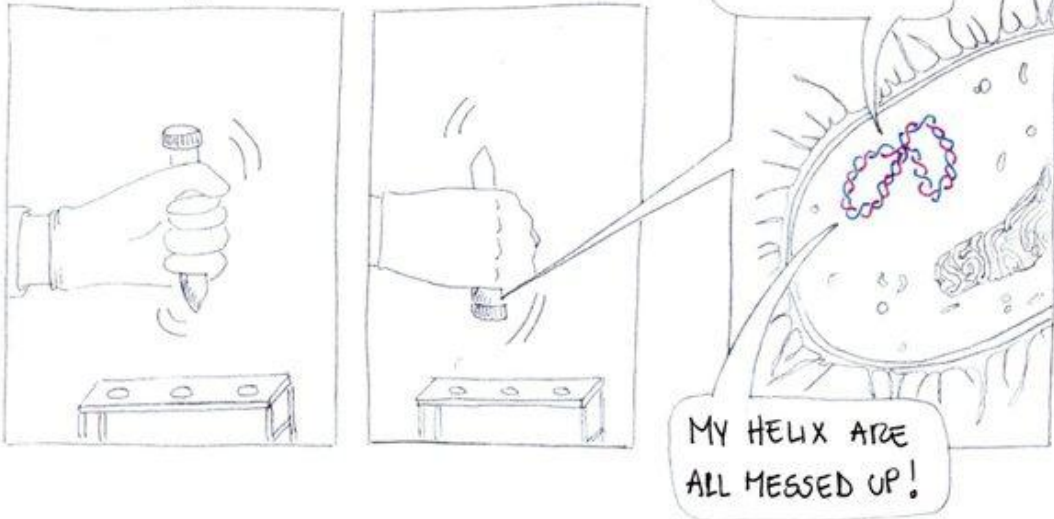




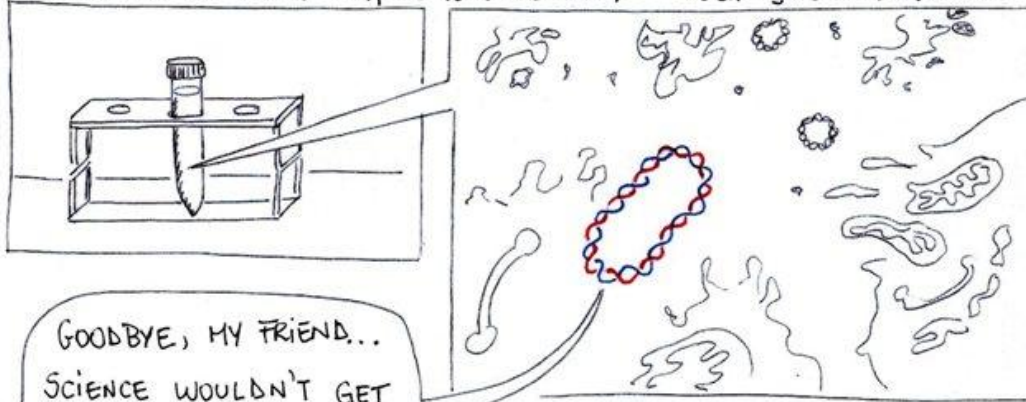
Buffer 1: Tris-HCl and EDTA + RNAse A (4 mL)



Buffer 2: NaOH - SDS
Mixture by inversion



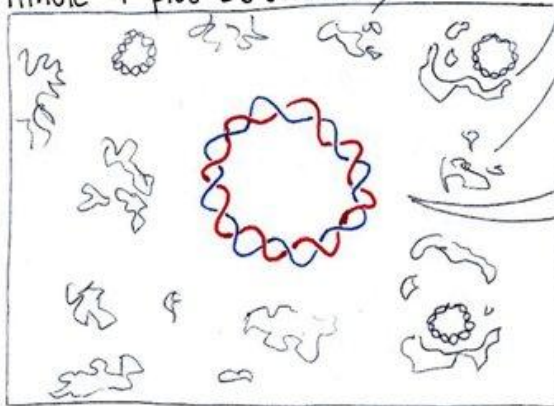
Incubation at room temperature (5 min) Cell lysis - minute one



GOODBYE, MY FRIEND...
SCIENCE WOULDN'T GET
ANYWHERE WITHOUT YOU.

HISTERICTIAL'S REMAINS

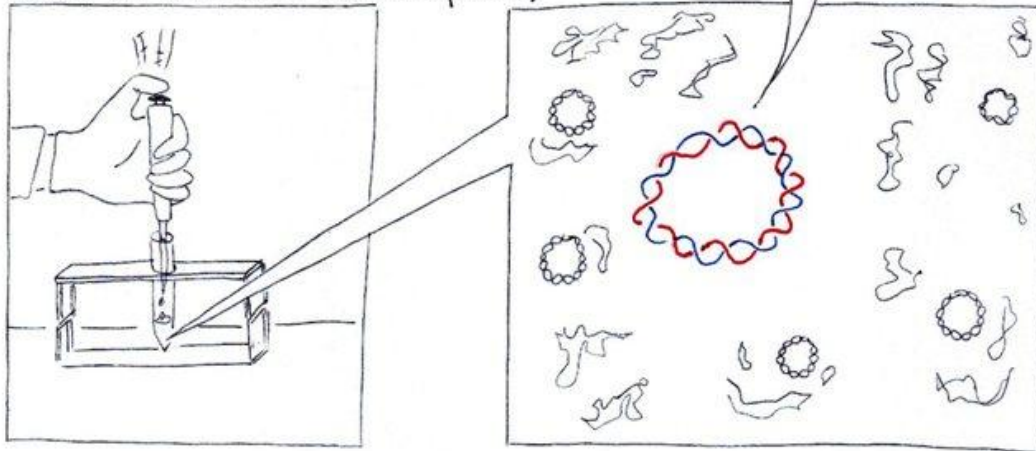
Minute 4 plus 59 seconds



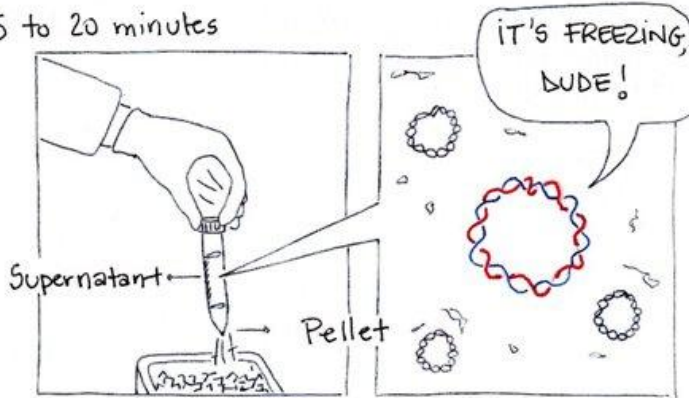
DAMNED... A BIT
MORE OF THIS AND MY
HELIX WILL COLAPSE!

THANK GOD IT'S
OVER! IT ALMOST
GOT ME...

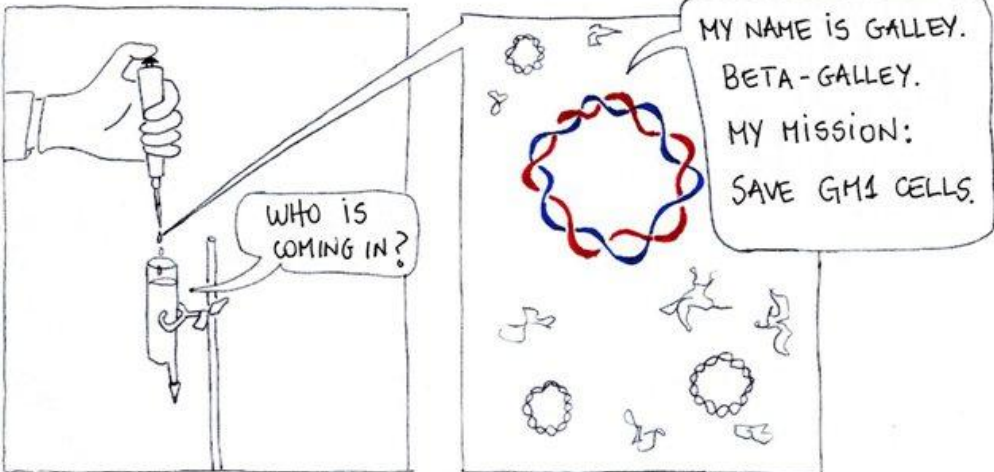
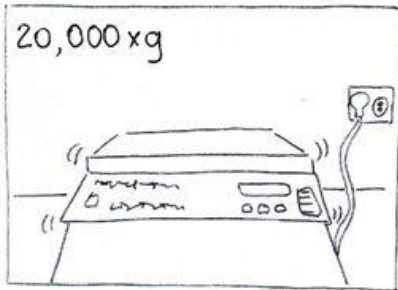
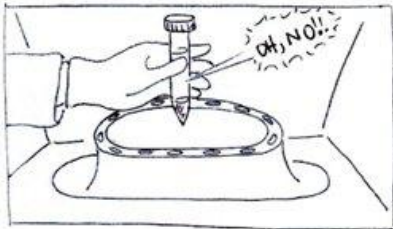
Buffer 3: Potassium acetate (pH 5.5)

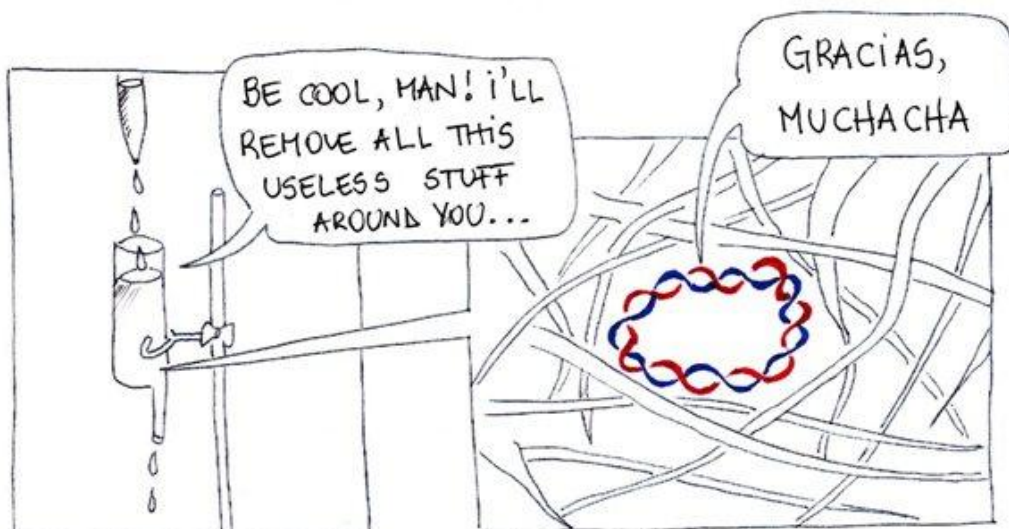


Incubation on ice - 15 to 20 minutes



⇒ MEANWHILE...

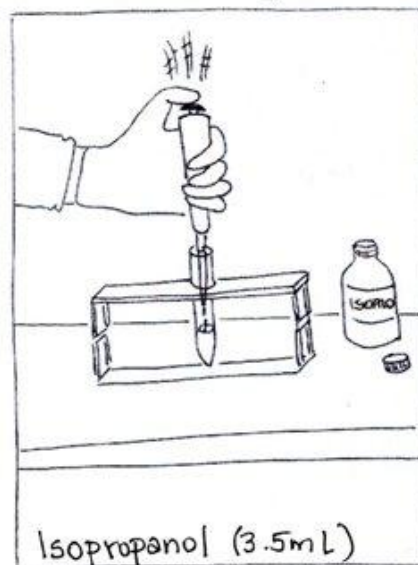




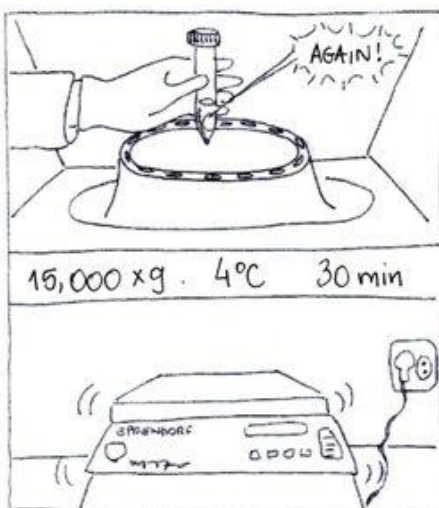
Buffer 5: QC NaCl + Sodium Acetate (2 x 10 mL)

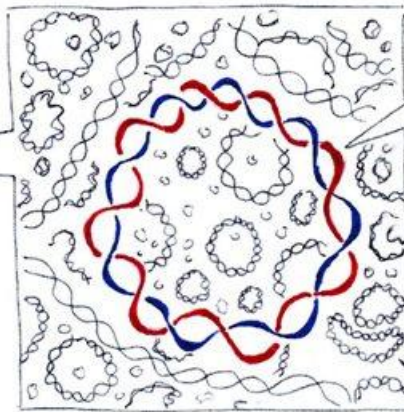
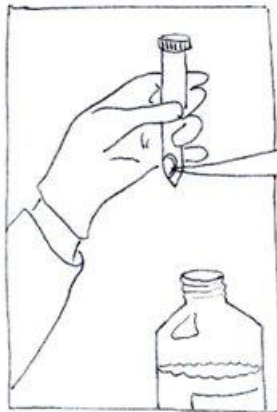


Buffer 6: QF: NaCl + Tris-HCl (5 mL)



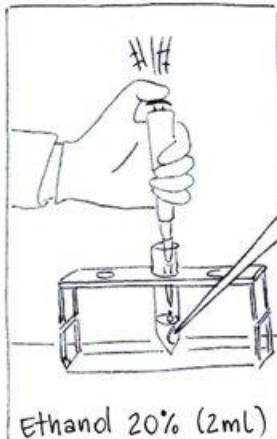
Isopropanol (3.5 mL)





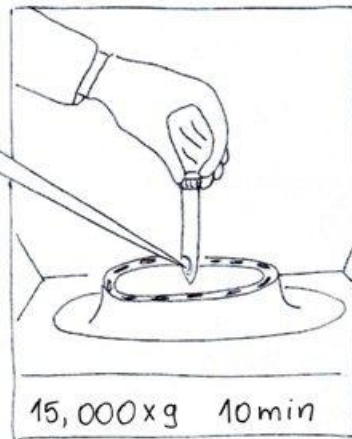
FREE... BUT ROOMLESS HERE AMONG MY BROTHERS.

SCUBE OVER!!!
I CAN'T, MAN!



Ethanol 20% (2ml)

OH, YEAH! ETHANOL!! THAT'S GOOD!!!
...
OH, NO!! NOT IN THE CENTRIFUGE!

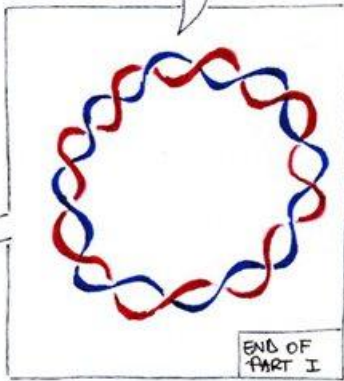
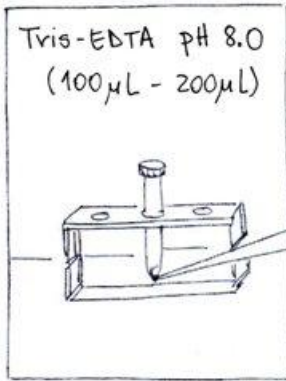


15,000xg 10min



I THINK I GOT A BUZZ... I'M DEHYDRATED!!

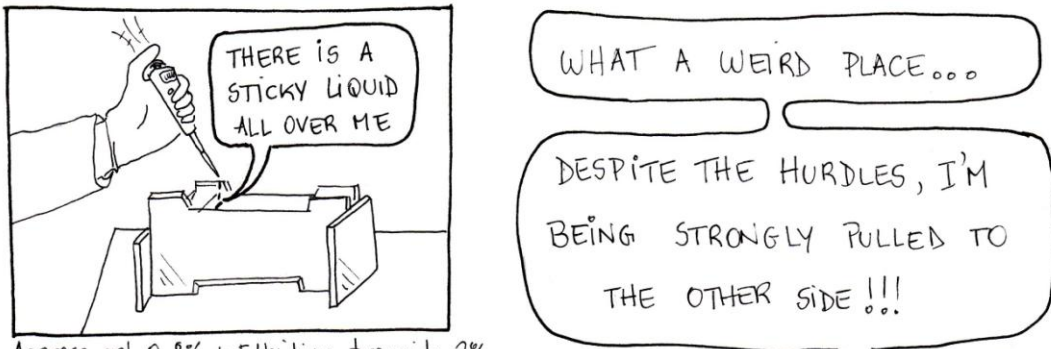
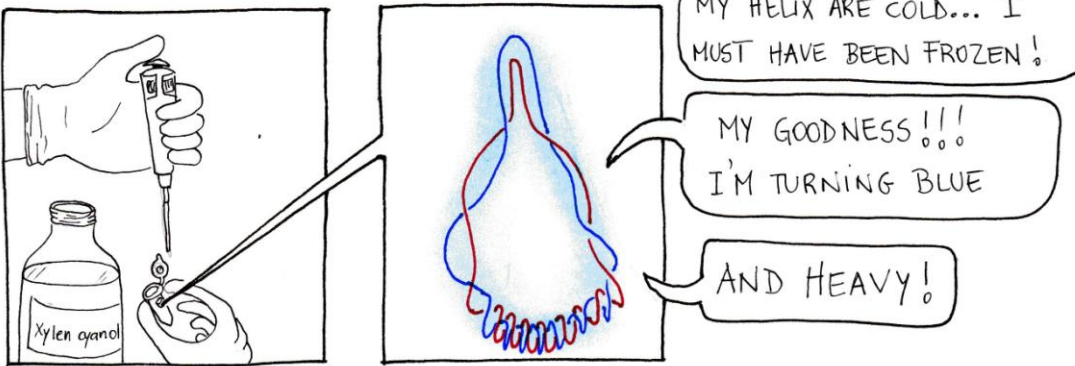
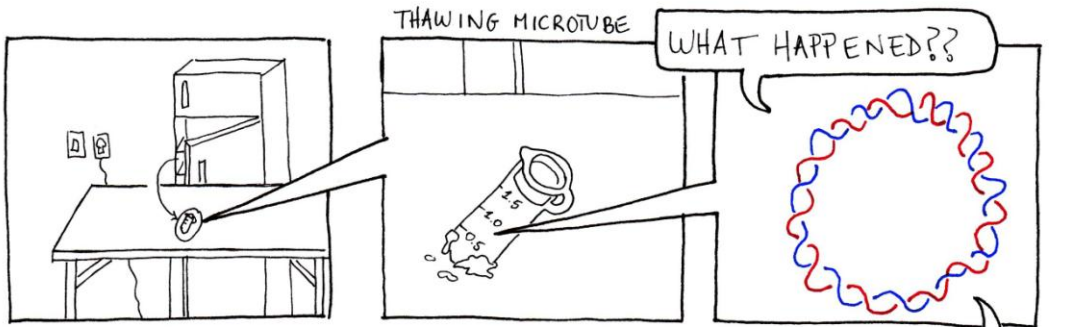
THAT'S IT!! NOW I'M READY TO TRANSFECT!



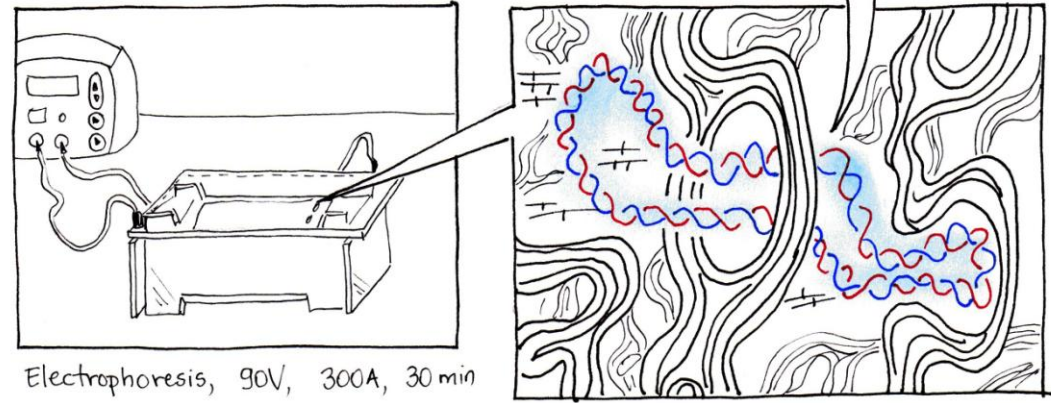
END OF PART I

IN THE LAST CHAPTER, β -GALLEY PLASMID BRAVELY WENT THROUGH A TOUGH EXTRACTION PROCESS THUS CONQUERING HIS FREEDOM. HOWEVER, OTHER HURDLES WERE YET TO COME: THE TUBE HE WAS LIVING IN WAS TAKEN STRAIGHT TO THE FREEZER.

CELL REALITY TRANSFORMATION

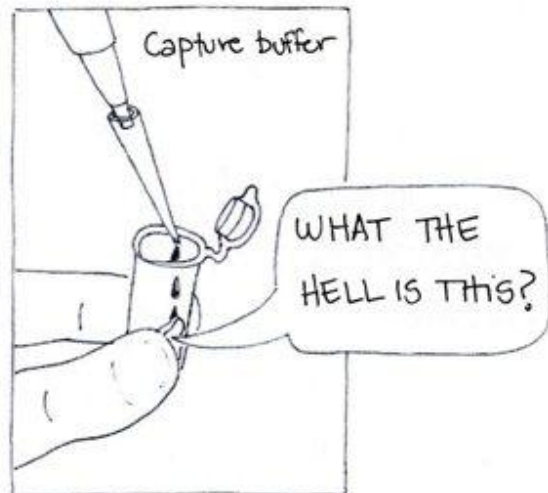
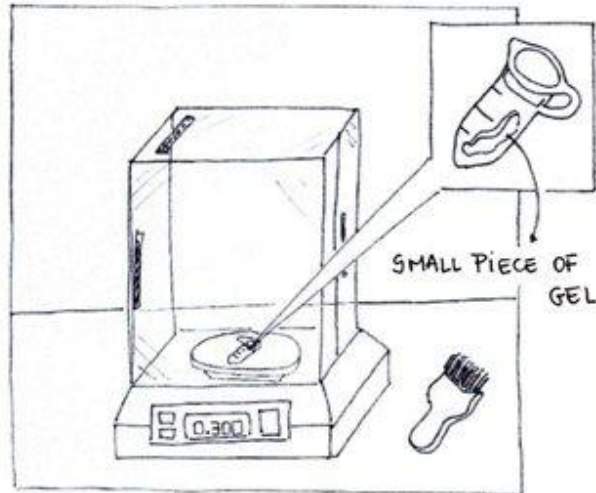


Agarose gel 0.8% + Ethidium bromide 2%

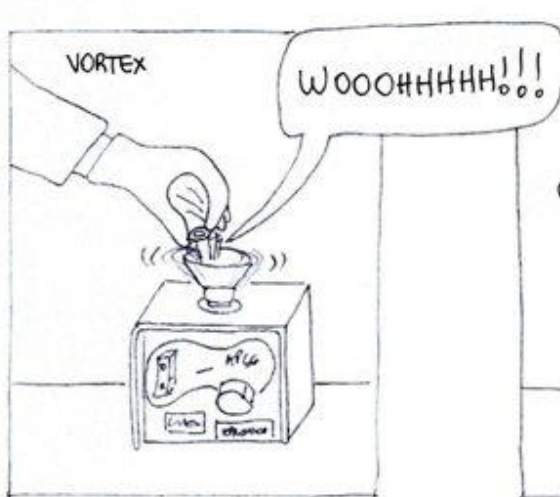




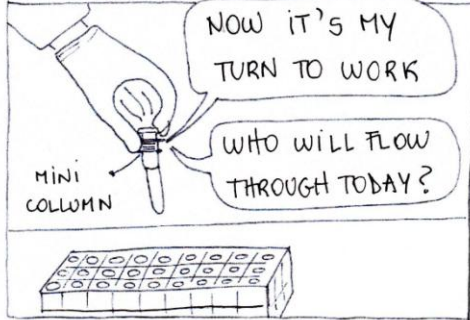
Ultraviolet light



1 μ L of buffer per μ g of gel



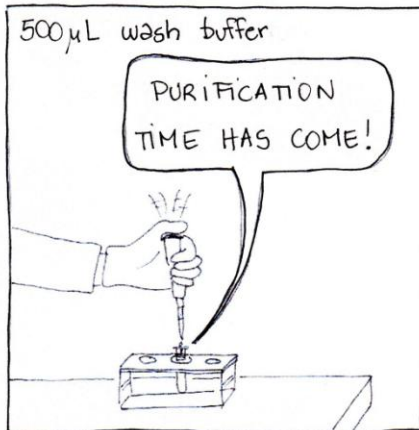
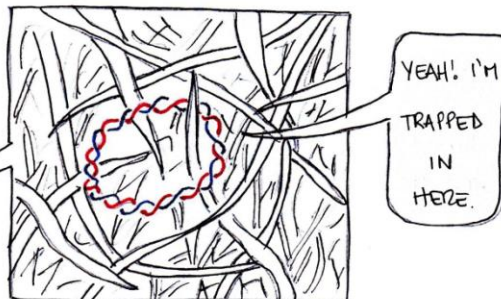
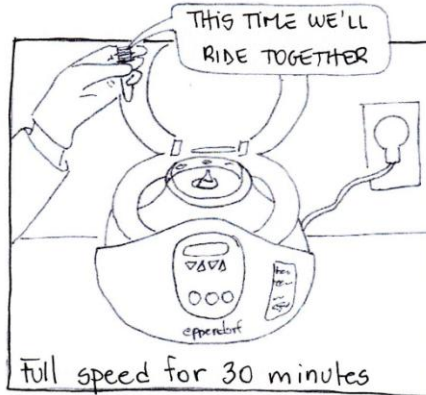
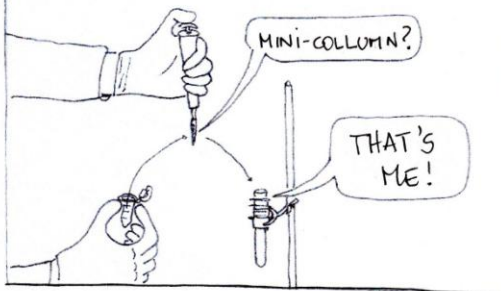
MEANWHILE...

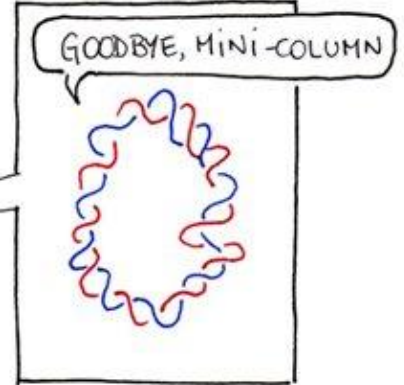
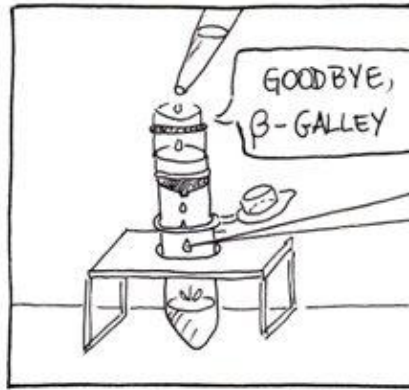


SHORT SPIN



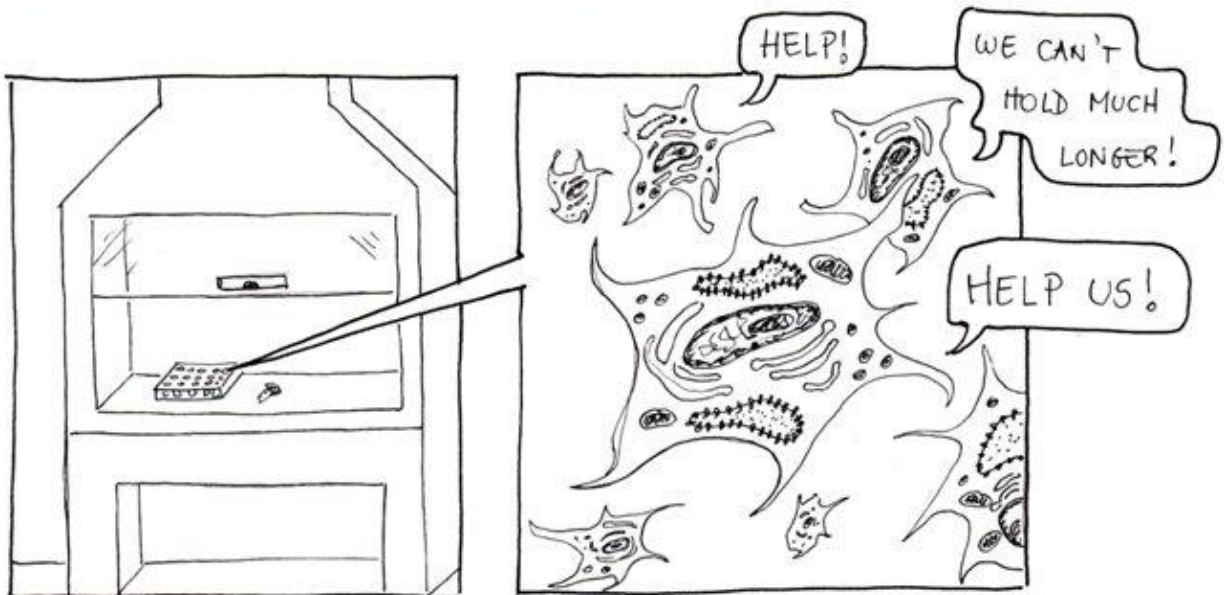
1 minute incubation at room temp.





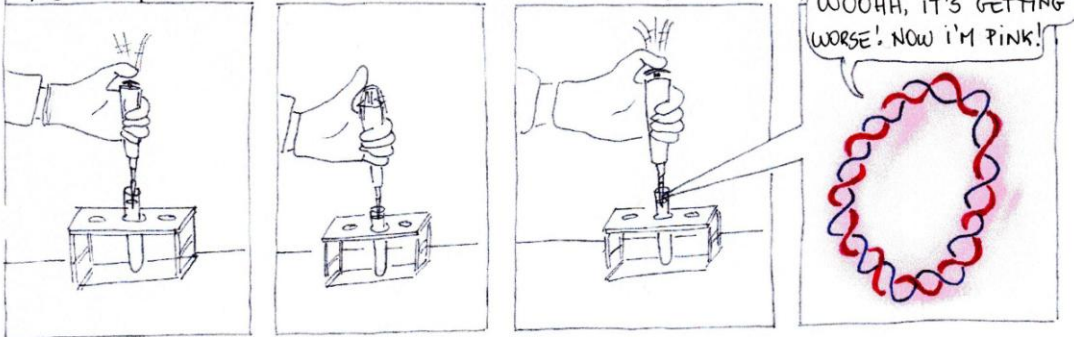
↳ 50 μ L of elution buffer
(10mM Tris-HCl pH 8.0, TE pH 8.0)

AFTER INCUBATION AT ROOM TEMPERATURE FOR ONE MINUTE, β -GALLEY AND MINI-COLUMN ARE DEFINITELY SEPARATED BY A FULL SPEED ONE MINUTE CENTRIFUGATION. β -GALLEY'S ACQUIRED STATE OF PURITY HAS GOT HIM CLOSER TO THE ACCOMPLISHMENT OF HIS MISSION. HE IS NOW A FEW STEPS AWAY FROM GM1 CELL CULTURE PLATES, WHERE CELLS ARE ANXIOUSLY WAITING FOR THEIR SAVIOUR.

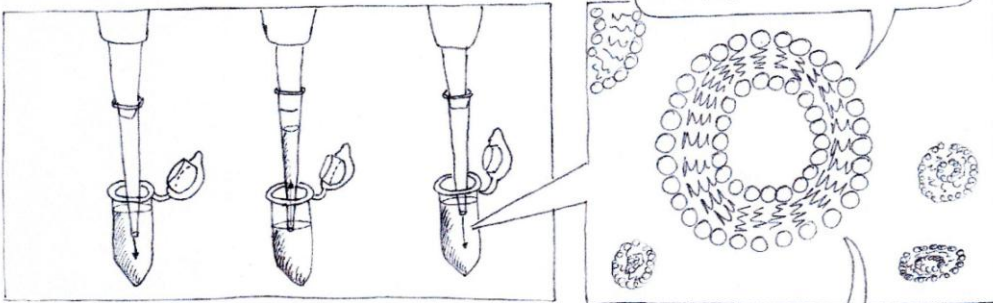


DESPERATE GM1 CELLS

1 μ g of p-DNA and 50 μ l of culture medium (without serum)

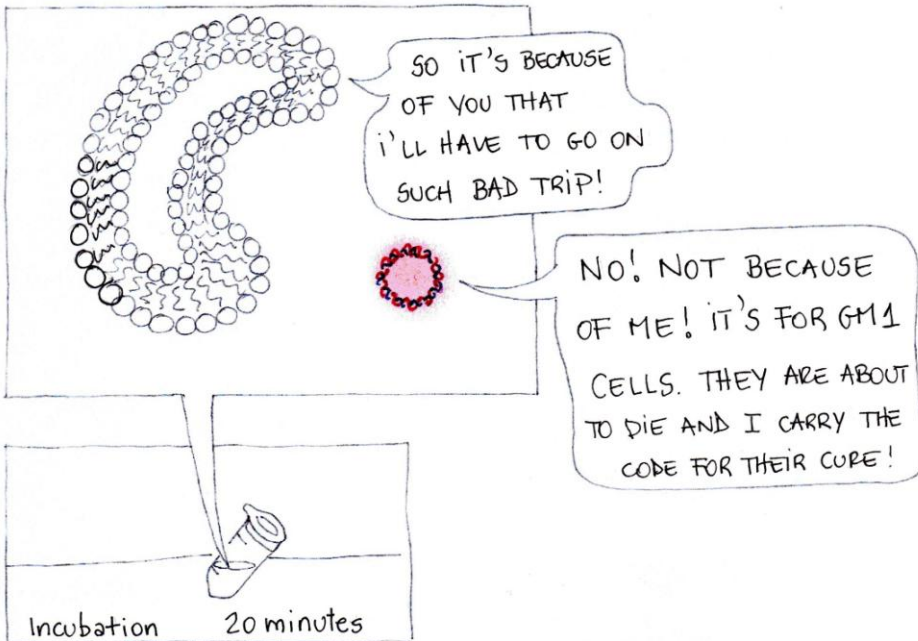


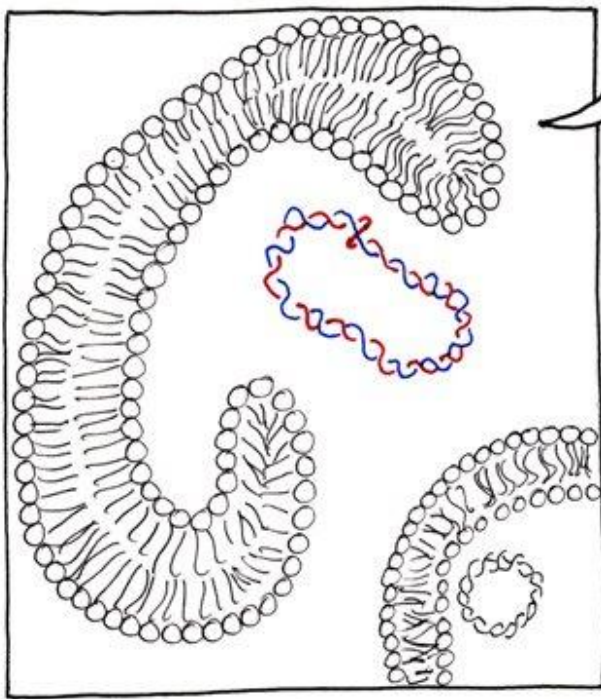
↳ MIXTURE OF β -GALACTO WITH CULTURE MEDIUM



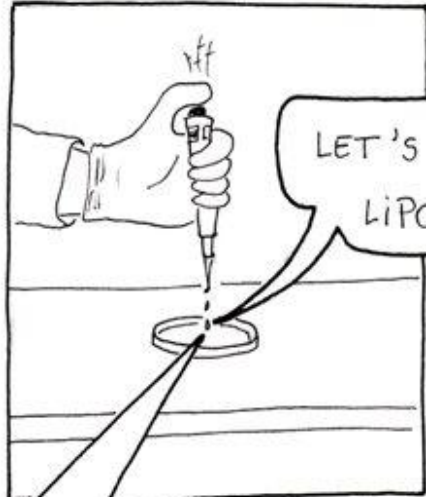
↳ MIXTURE OF LIPOMOBILE LIPOSSOME WITH CULTURE MEDIUM (1 μ l of Lipofectamine 200 and 50 μ l of serum free culture medium left at room temperature 5min)

CARRYING AROUND SOMEONE I'VE NEVER MET TO A PLACE I'VE NEVER BEEN TO FOR A REASON I DON'T EVEN KNOW!!!

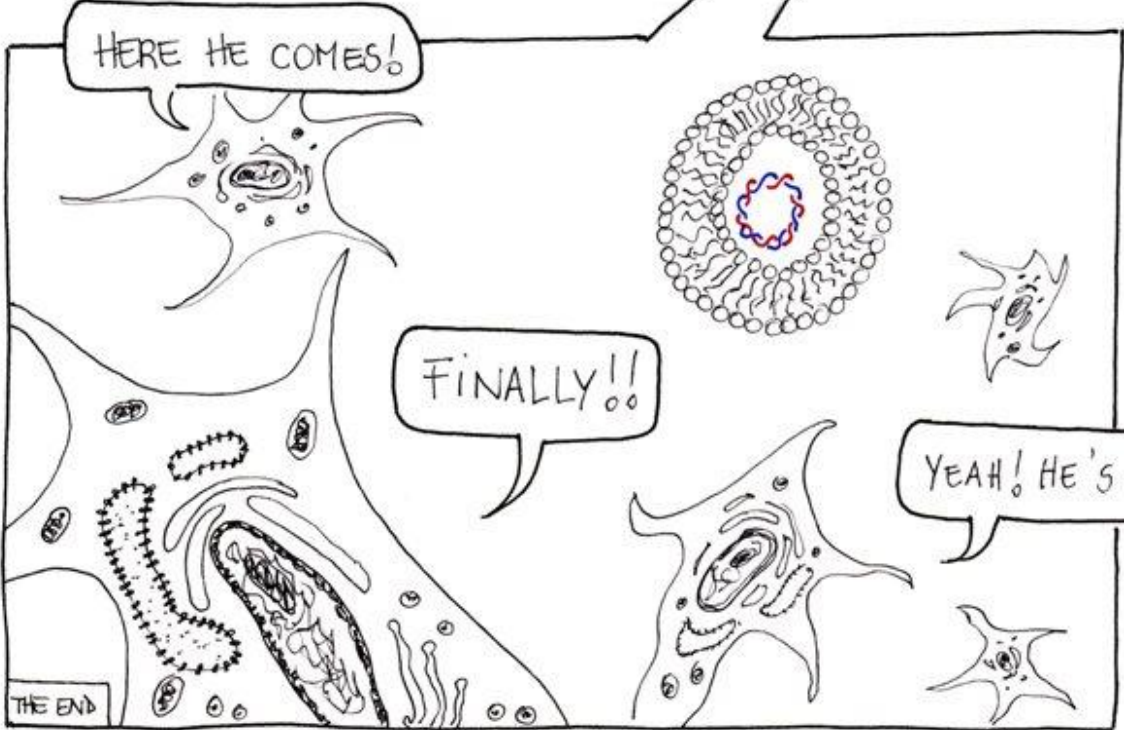




IF THAT'S THE CASE, THEN I'LL HELP YOU. COME ON, DUDE!



LET'S GO, LIPOMOBILE!



HERE HE COMES!

FINALLY!!

YEAH! HE'S ARRIVING!

THE END

Incubation at 37°C with 5% CO₂ for 29 hours (at hour 5, serum free medium is replaced by 10% serum medium).

3.2. Study about the comprehension of the scientific method by members of a health research university laboratory

Artigo aceito para publicação em 12/05/2011 pelo periódico científico *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*.

The screenshot shows a web browser window displaying the submission review page for article #BJMBR-1226. The page title is "#BJMBR-1226 Study about the comprehension of the scientific method by members of a health research university laboratory". The page is divided into several sections: "Submission", "Peer Review", and "Editor Decision".

Submission

Authors	Antônio Carlos Burlamaque-Neto, Gabriella Rejane Santos, Leon Moraes Lisboa, José Roberto Goldim, Carmen Lucia Bezerra Machado, Ursula Matte, Roberto Giugliani
Title	Study about the comprehension of the scientific method by members of a health research university laboratory
Section	<Biosciences> Biochemistry and Molecular Biology
Editor	Journal Office Lewis Greene

Peer Review

Round 1

Review Version	55473-285452-2-RV.PDF 2011-04-13
Initiated	2011-04-20
Last modified	2011-05-04
Uploaded file	None

Editor Decision

Decision	Accept Submission 2011-05-12
Notify Editor	Editor/Author Email Record 2011-05-12
Editor Version	55473-285932-1-ED.PDF 2011-04-13

The right sidebar contains user information for "aburlamaque", author statistics (Active: 1, Archive: 1), and a notification for 4 new messages.

**Study about the comprehension of the scientific method by members of a health
research university laboratory**

A.C. Burlamaque-Neto^{1,2}, G.R. Santos², L.M. Lisbôa², J.R. Goldim⁴, C.L.B. Machado⁵, U.
Matte², R. Giugliani^{1,2,3}.

1 - Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Bioquímica, Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil

2 - Centro de Terapia Gênica, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, RS,
Brazil

3 – Serviço de Genética Médica, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, RS
Brazil

4 – Serviço de Bioética, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brazil

5 - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS,
Brazil

Corresponding Author:

Antônio Carlos Burlamaque Neto (corresponding author)

Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Bioquímica, Universidade Federal do
Rio Grande do Sul

Rua Ramiro Barcelos, 2600 – Prédio Anexo - Bairro Santa Cecília - Porto Alegre – RS –
Brazil 90035-003

antonioburlamaque@hotmail.com

Acknowledgements:

Authors are grateful to the participating students and to FIFE/HCPA, CNPq, and FAPERGS, for financial support.

Key words: scientific method, complexity, academic scientific research.

Running title: Comprehension of the Scientific Method

Abstract

Scientific research in Brazil is carried out mainly at universities, where professors coordinate research projects with the participation of students. However, there is not a formal educational process for the teaching/learning of the scientific method. This study's objective was to analyze the comprehension of the scientific method by students of health sciences that participate on scientific projects at an academic research laboratory. An observational descriptive cross-sectional study was developed using Edgar Morin's complexity as theoretical reference. Students went through a semi-structured interview that included solving an abstract logical puzzle – TanGram. Collected data were analyzed using the hermeneutics-dialectics analysis method proposed by Minayo and discussed in regard to the theoretical reference of complexity. Students' concept of scientific method is reduced to the participation on projects, stressing the execution of practical procedures in opposition to science thinking. Names of authors related to sciences in general were rarely mentioned. The solving of TanGram demonstrated students' difficulties to understand questions and activities focused on subjects and their processes. The strict employment of objectivity, even when dealing with subjective issues, was also reflection of the puzzle solving and of students' opinions about the characteristics of a successful researcher. Results relate to the non-articulation between object and subject, and to the separation of sciences into areas, as discussed by complexity. Educational activities will be carried out with students in order to provide the means to work on these study's findings.

Introduction

Scientific research in Brazil is carried out mainly at universities, where professors coordinate research projects that are conducted with the participation of undergraduate and graduate students. Although the scientific content presented to students at universities is related to the theoretical knowledge that underpins research, graduation courses are oriented to preparing students for their respective professional careers and not for scientific research. Practical activities occur at classes directed to the teaching of the fundamental principles of science and professional techniques, but not to the application of the scientific method that enables answering scientific questions for which responses are not known *a priori*. On their turn, post-graduation courses offer theoretical disciplines that focus specific themes related to their area of expertise as well as other activities, such as scientific seminars. However, there is not a formal educational process for the teaching/learning of the scientific method, either. Thus, students arrive at the centers of scientific research without going through a systematization of the knowledge related to the scientific method. Such learning takes place at these very spaces of scientific research, be them either inside or outside the university.

In such centers of scientific research, the most common manner through which learning scientific research procedures occurs consists of a process divided into three phases. First, an experienced researcher on a given procedure provides theoretical explanations to the beginner. The detailing of these explanations may vary deeply, from brief conversations to detailed explanations. In the first case a single encounter at the place of execution of the procedure immediately before starting it resumes this phase. On the other hand, a series of previous encounters aimed at directing a deep study and

supplemented with auxiliary bibliography may occur. This second approach may use a range of materials that provide a solid base of technical-scientific knowledge related to the procedure at issue, besides of clarifying its insertion in the scientific project and research line. Such approach provides the apprentice with opportunities for questionings and reflections. In second phase, the beginner observes the more experienced researcher, who carries out the procedure. Besides of the influence of previous experiences, the critical sense of the beginner is fostered by first phase. In third phase, the procedure is carried out by the beginner, supervised by the experienced researcher. Likewise, this phase is influenced by other experiences and by the previous phases. From this point on, beginners are considered able to start carrying out the procedure on their own.

This educational process that takes place at these centers of academic scientific research is informal. The current science educational model does not make demands regarding its systematizations by means of formal teaching-learning processes. On the other hand, there are requirements for the conclusion of graduation and post-graduation courses, such as course completion projects and presentation of dissertations and theses. At this point, students are demanded to comprehend the scientific method and carry out a scientific research study without being formally taught. At the end of the course, it is assumed that the students learned because they have produced a written study, although their comprehension about the scientific method is not really known.

The objective of the present study was to analyze the comprehension of the scientific method by students of health sciences at an academic research laboratory. As the focus of this study is the students, its development required a way of thinking science that takes into consideration its subjects (involved individuals) and processes. Thus, we used

Edgar Morin's complexity theoretical reference. Studying the understanding of the scientific method by students leads to a better understanding of the informal process of teaching-learning the scientific method that takes place in research laboratories.

Materials and Methods

This study was carried out at Centro de Terapia Gênica (CTG) of Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), the teaching hospital of Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). The experimental design used was the observational descriptive cross-sectional study (1).

The theoretical reference used was Edgar Morin's complexity, considering that the academic space of scientific research is composed by different and inseparable components that compose a whole and that there is interdependent and interactive tissue that relates this whole with its parts (2,3). A semi-structured interview script was prepared to access the knowledge of the respondents about the scientific method.

The interviews were carried out after presentation and signature of an informed consent form approved by the research ethics committee of HCPA (reference number 07-611). Total confidentiality was requested from the participating students as to the content of the interviews, which had their audios recorded and included the solving of an abstract logical puzzle – TanGram. This is a Chinese game composed of 7 pieces (5 triangles of varied sizes, 1 square and 1 parallelogram) that may be used to form a large range of figures. The following rules were adopted: all pieces must be used, all pieces must touch at least one other piece, the figure must represent something concrete that the respondent can

name. The interviews were carried out always at the same place by the same interviewer – one of the authors of this study, who had been previously trained.

Collected data were analyzed using the hermeneutics-dialectics analysis method proposed by Minayo (4). At the level of fundamental determination, it was determined that only students that were linked or had been previously linked to CTG would be interviewed. The level of the encounter with empiric facts constituted the carrying out of semi-structured interviews. Ordering of the data included the hearing of the recordings by the authors, the transcription of the interviews, and the observations reported by the interviewer. Data were classified according to three different categoric divisions: by respondent, by questions and by theme. Final analysis consisted of articulating collected data to the complexity theoretical reference.

Results

Interviews began with identification questions that were prepared to set the mood of the respondent and introduce the subject. A total of 18 students were interviewed, being 8 undergraduate students, 4 master's students, and 6 PhD students. Their graduation courses were Biology, Pharmacy, Biomedicine, and Medicine. Master's and PhD students were linked to post-graduation courses on biological and health sciences, and 8 out of them had also participated on scientific research when undergraduates.

A setting of spontaneous informality marked the interviews, probably due to the fact that the interviewer was a former laboratory colleague of the respondents, to the academic environment, and to the profile of the group. All respondents agreed to answer the questions and only one refused to solve the logic puzzle. Duration of the interviews varied from 15 to 60 minutes. The themes exposed by the respondents also varied a lot and were analyzed according to the theoretical reference of this study, Edgar Morin's complexity.

The next question presented to respondents was "*What do you comprehend by scientific method?*". The answers do not meet the concept presented by the bibliography on the theme, but reflect respondents' science making at the laboratory: being involved with scientific projects. Indeed, the answers to this first question meet the notion of scientific project much more than the notion of scientific method. One of the respondents said: "*You must have an objective, you must have a hypothesis, you have to have your own method, then you will evaluate according to what you are analyzing, which methodologies are used in the scope of science, and then you have to reach a conclusion.*"

Interviews proceeded with the question “*Do you consider it important to know authors related to the scientific method? Why? In case of an affirmative answer, which one(s)?*” Students think it is important to know these authors; however, in general they are not able to mention any. The authors related to the scientific method were mistaken for researchers that standardize techniques, authors of scientific articles, and researchers who made important contributions to science or were pioneers in certain fields. However, even these also rarely had their names mentioned.

The following question of the interview script, “*Solve a logic puzzle (TanGram) and report what you used from your experience at research in this situation. In case you do not want to solve the puzzle, report an experience you had at research.*”, aimed to include a process in which the relation between subject and object occurs within its complexity. This game highlighted the subjectivity of the respondents into the context of the interviews. Before beginning, respondents were asked about their previous knowledge on the game. Only two out of 18 already knew TanGram. Requests for repeated explanations about the rules were frequent, as well as declarations by many respondents that they lacked creativity and that the game was difficult – even though at this point there were still no attempts to solve it yet. During the process, questions about the remaining time and concerns regarding the evaluation of the figure they were about to form were recurrent, although the interviewer never made any comments about time limit or figure evaluation. Only one respondent did not want to play and two showed figures that did not represent anything concrete. The remaining 15 went through the process fulfilling the rules.

When respondents claimed their figure was finished, the interviewer went on to a series of five questions related to the process. The first question consisted of asking the respondent the meaning of the figure, thus beginning a conversation about

TanGram. Some respondents had already provided this information before the question was asked. Following to that, the interviewer asked why the respondent had made that figure, inducing the respondent to describe the assembling process. In relation to this aspect, respondents may be divided into two main groups: those who had a previous idea, but ended up with something different; and those who kept moving the pieces without a previous idea until they could see something in a determined position. Only one individual assembled exactly his/her previous idea.

The third question about the process concerned how respondents had felt. Instead of talking about their feelings, respondents answered mainly about the game: “*It was difficult.*”; “*It’s interesting.*”; “*It needs thinking.*” Respondents then made comments about themselves that in a general way brought the idea that they had no creativity nor imagination. The interviewer would then ask whether it would make any difference if she had told them what figure to assemble. The prevailing idea was that it would be easier if one knew what to assemble, but that would hinder creativity. Finally, the respondents were asked to relate TanGram to their laboratory research, which at first was not understood. However, respondents soon started to point out common aspects, being creativity itself one of the prevailing themes. There is a general idea that creativity is a gift for a few fortunate ones, and not something that everyone makes use of on a day to day basis. On the other hand, although most students claimed they were not creative and lacked imagination, they stated that both TanGram and scientific research demanded creativity. However, there is also a general notion that the researcher’s needed objectivity is hindered by creativity: “*Creativity is something I try to apply to my research, but it is not always possible, because I have to keep my focus and objectivity. While playing TanGram, I can be inconsequent.*”

The interview was finished with the following question: “*In your opinion, what are the characteristics of a successful researcher?*” The answers were marked by a kind of prompt list of characteristics and virtues. For instance: “*to like what one does; to like studying; to be dedicated; to want to grow, go for it, and make progress; to accept other people’s opinions.*” All respondents answered this question likewise.

Discussion

Complexity takes into consideration not only the objects of the study, but also the subjects and articulations between objects and subjects. Thus, in order to comprehend the learning of the scientific method, it is necessary to focus the study on students, preserving the circular relationship between nature’s science and men’s science to open the possibility of a knowledge that reflects about itself. The methodological issue of complexity is not to unveil the totality of the knowing of each sphere, but to interpret crucial knowledge, the strategic aspects, the communications’ hitches, the organizational articulations between spheres (3,5-8).

Along the modern and contemporary times various schools of thought have produced a great variety of conceptualizations and designs for scientific activities. One example of definition for the scientific method is “(it) refers to a body of techniques for investigating phenomena, acquiring new knowledge, or correcting and integrating previous knowledge. To be termed scientific, a method of inquiry must be based on gathering observable, empirical and measurable evidence subject to specific principles of reasoning. A scientific method consists of the collection of data through observation and experimentation, and the formulation and testing of hypotheses.” (9). Anyhow, comprehension of the scientific method involves reflections and thoughts about the purposes and objectives of science, as well as its precepts and principles. The scientific

project, on its turn, is the operationalization of the study of a scientific issue, bringing with it a specific application of the scientific method, but it is not the method itself. In order to reach its goals, scientific projects make use of materials and methods, counting on techniques, protocols, and procedures. These are the themes that mainly appear at the answers. As these students' scientific research laboratory practice happens by means of participations on projects, and as there is not an educational process concerning the scientific method, it is natural that they evoke what they know about science making – the themes related to scientific projects – in order to answer this question.

This reduction of the student's knowledge to what could be called “operative science” excludes scientific thinking and reflections about science itself. As a consequence, the notion about scientific projects is also restricted to their specific area and particular manners of carrying out projects. Scientific knowledge, on its turn, is restricted to what is necessary in order to complete a project. Students do not mention schools of scientific thinking, not even those that proposed and influenced their own science making environment, such as Cartesianism and Positivism. Scientific research is thus limited to projects gathered in research lines and exerted by research groups.

Lack of knowledge about schools of scientific thinking, little reflection about science, and non-articulation between science thinking and scientific research laboratory practice, are thereby confirmed in the question on authors. Despite of the strong influence of Cartesianism on our science, René Descartes was mentioned by only 2 out of 18 students. As already discussed, this restriction of science thinking has consequences to the knowledge that students develop about the projects on which they participate. Students not only ignored the authors related to the scientific method, mistaking them for researchers in general, they also were unable to mention researchers who have made fundamental contributions to their field of work.

The lack of authors' names, in a general manner, reflects the methodical exclusion of the study of subjects that rules the scientific universe where these students' projects are being developed. The non-articulation between the study of objects and subjects is related to the lack of socio-historical reflection about science by respondents. It is as if a student would participate on an academic scientific research laboratory just by working in a project by its own, without relating his/her science making to the millennia of knowledge that precedes today's science and without contextualizing human scientific activity to the society into which it is inserted.

However, upon hearing the questions of this study, students started to automatically express their thoughts about science during the interviews. Their conception, in a general way, claims that the reflection about science and the articulation between thinking and practice must take place inside the laboratory in order to make complex sense. Many remembered their science philosophy classes at high school and college and recognized that they do not relate such knowledge to their scientific practice.

The issue regarding the achievement of a desired result by a research project was pointed out when respondents related TanGram to their science making. Respondents claimed that scientific research brings the unexpected and one must know how to deal with that. However, "unexpected" refers to not reaching the expected result, as if there was a right answer previously established for the experiments and projects, which is very hard to be reached. The concern with the evaluation of the figure – although the interviewer did not mention any evaluation – also refers to the idea that there is a right answer. For them, the goal was to reach this right answer, when in fact our proposal was to analyse the process. By relating this theme (a result previously idealized and considered as the right one) to the reduction of science making (limited to the

performance of projects, as previously discussed) we may state that the respondents understand their science making mainly as the participation on projects for which desired results are previously established.

When the questions related to TanGram were finished, respondents showed themselves surprised by the fact that the figures were not evaluated, characterizing a general non-comprehension about the interview's focus on the process and on the subject, and about questions and activities that do not have right or wrong answers. Thus, not only the difficulty of talking openly about their feelings, but also the feelings spontaneously expressed by the respondents – fear of making mistakes and being criticized, insecurity due to thinking they will not deliver results or will not make it on time, nervousness, shyness, apprehension, low self-esteem, among others – reflect their notion that making science is participating on projects that frequently do not reach the desired results, which is understood as failure of the involved individuals. These aspects surprised the authors, who work together with the respondents side by side at the laboratory. In our perception, these features do not correspond to respondents' daily behaviour, but may have emerged during a situation in which they found themselves under evaluation. It also should be pointed out that this is a group with a reasonable scientific production as far as the existing evaluation parameters used by funding agencies are concerned (number of publications, time of conclusion of post-graduation courses, etc).

The answer to the final question came up as a list of virtues. These prompt lists show lack of articulation between mentioned virtues and characteristics. They did not bring any themes related to the professional objectives, motivations, and purposes of a successful researcher. They do not contextualize a researcher's career into a larger scheme, such as science, society, or nature, either (10). And they do not take into

consideration outside factors that do not depend on the person, but affect their work. The scientist's subjectivity is objectively treated, as if the sum of the positive characteristics was enough to guarantee success, being commitment the tonic - represented in terms of dedication, effort, persistence, and work capacity. According to this point of view, every researcher would be able to reach success in science. All it would take would be the development of the items of a list that does not take into consideration professional purpose, outside factors, and context. Contradictorily, creativity is also mentioned as a characteristic of successful researchers, although it is seen as a gift that only a few have. Therefore, with commitment, everyone can reach success in science, but it is also necessary to be creative, a gift that only a few have. In addition, during the TanGram solving, most students said it required creativity, a notion that most of them alleged not having, thus reinforcing the idea of their inaptitude to science. Nevertheless, it is worth noticing that most of them were able to make the figures as requested.

When asked about the reasons for mentioning these aspects, respondents commonly claimed having remembered characteristics of successful researchers. Is there a possibility of a real person having all characteristics listed in an organically articulated way? The sum of the characteristics of distinct individuals does not sum up a real individual. It is also interesting to observe that possible flaws of this idealized successful researcher were not once considered, and that these characteristics were not affected by life or time circumstances. Can any person put into practice only the virtues at all moments? Can a dedicated person be always dedicated? The objectivity with which subjective aspects of people are treated refers to an idealized character that in the end seems more like a robot than a human being.

After analysis of the results, each respondent received an individual and specific feedback about his/her interview. The members of the laboratory that had not been interviewed received the opportunity to go through this process, which put them in the same position as the others for further group discussions. It is important to stress that, just as there is no institutional concern with the formal teaching of the scientific method, students do not seem to notice this need, even after they had been exposed to the theme. None of the respondents reported, at the follow-up interview, having searched for additional information on the theme. In fact, students' performance – and even their scientific production – seems to be disconnected from this knowledge. These effects might be noticed on the long run, through out the development of scientific careers.

The non- articulation between object and subject, which is directly related to the separation of natural and anthroposociological sciences, are highlighted characteristics of the general picture herein presented. Respondents are busy carrying out health sciences projects, whereas science thinking and reflecting about the human scientific adventure is neglected to the anthroposociological sciences. That is, scientific thinking is a duty that belongs exclusively to those involved with the philosophy of science. It is practically excluded from the day to day life of health sciences research students. Thus, the answers about the understanding of the scientific method by these students are related to a non-science-thinking, or a reduced science thinking. It also leads to a lack of understanding concepts that are part of their own practice, such as scientific project and hypothesis, as there is not a systematized educational process that articulates this knowledge with the practice of the laboratorial research. One example is the misinterpretation between “testing” and “proving” hypothesis. It is a well spread concept among the students that a scientific project is proposed and carried out in order to prove an assumption that leads to a previously idealized result of practical interest.

On the other hand, it is not clear that the formulation of a scientific question produces one null assumption and one alternative, indicating an experimental design to test these assumptions and then prove one and reject the other, and that it is exactly because the result is not previously known that the scientific method is applied to the project. Lack of knowledge about the authors related to the sciences in general and consequent lack of knowledge of their works, non-comprehension of activities and questions that focus on subjects and their processes, and the strict use of objectivity to deal even with subjective issues are also reflections of the non-articulation between object and subject and the separation of sciences.

Comprehension of the scientific method by the students who carry out scientific research is fundamental for their educational autonomy (11). Nevertheless, a science educational process that excludes science history and philosophy, resuming students' learning to operational procedures, leads to reduced comprehensions of science itself (the principles of the scientific method, for example) and its relation to society (context and purpose of scientific activities). As demonstrated above, current students' difficulties concerning these issues also affect their science operationalization, since misunderstanding of basic concepts such as "hypothesis" may result, and actually do result, in poorly designed experiments. In this scenario, scientific educational autonomy is not reached; students' tendency is to reproduce scientific activities that are commonly characterized by operational mistakes.

This is a preliminary study that must be extended to other centers of scientific research. The authors offer help to groups willing to replicate this study at their centers. In addition, other actions would include the analyses of the experimental designs of scientific projects submitted to research ethic committees or funding agencies to evaluate the consequences of the situation described here. Moreover, editors of

scientific journals could also contribute by evaluating these aspects on manuscripts submitted for publication, regardless of their acceptance status. These analyses would include if the projects or papers show clear elucidation of research questions, appropriate definitions of objectives, correct study design, relationship between presented results and stated conclusions (if applicable), and others.

Integration of the oncoming knowledge from these suggested studies (and many others that could be proposed) is essential in order to comprehend current science education. Classes and courses dedicated to the teaching of the scientific method have been being excluded of graduate and post-graduate health science curriculum. Currently, classes and courses making use of the expression “scientific methodology” for a name are offered, but their main subject is the teaching of how to write and develop a research project. Science history and philosophy, as well as the study of the scientific method, are either overviewed in a very superficial manner or absent. This indicates that science educational processes in the classroom are also reduced to operational procedures. Therefore, the reinclusion of the study on the scientific method and a reapproximation of science history and philosophy to the health sciences is another intervention that would be beneficial.

Meanwhile, daily experiences on science thinking constitute a field of regular intervention. Educational activities have been carried by our group in order to provide a framework that allows students to systematically articulate the relations between subject and object, and between natural and anthroposociological sciences at the laboratory where their science making occurs. Seminars on specific themes such as scientific hypothesis and experimental design have been held. A course on scientific method has been designed and a game on scientific research is being developed.

Nevertheless, the results presented here should be put in perspective. Reduction of students' science comprehension to operational procedures is part of a complex scenario, which is influenced by several aspects of today's society. The gap between science making and resulting technologies has become practically inexistent, replaced by the so called technoscience (12). The tension between developing processes and accomplishing related products, globalization, and the speed of information, all dictate the increasing needs of current science to move faster and deliver immediate results. Changing such complex scenario entirely is consequently a very complex task as well, which is beyond the actions of individuals and would take a combined effort of many groups. Nevertheless, through this study on students' comprehension of the scientific method, we explored a theme that allows reflecting about and understanding science as it is today.

Acknowledgements

Authors are grateful to the participating students.

References

1. Goldim JR. *Manual de Iniciação à Pesquisa em Saúde*. 2nd ed. Porto Alegre: Dacasa; 2000.
2. Morin E. *Seven complex lessons in education for the future*. Paris: Unesco Publishing; 1999.
3. Morin E. *A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. 12th ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil; 2006.
4. Minayo MCS. *O desafio do conhecimento – pesquisa qualitativa em saúde*. 4th ed. São Paulo: Hucitec; 1996.

5. Morin E. *O método 1: a natureza da natureza*. 2nd ed. Porto Alegre: Sulina; 2002.
6. Morin E. *O método 2: a vida da vida*. 2nd ed. Porto Alegre: Sulina; 2002.
7. Morin E. *O método 3: o conhecimento do conhecimento*. 2nd ed. Porto Alegre: Sulina; 2002.
8. Morin E. *O método 4: as idéias – habitat, vida, costumes, organização*. 2nd ed. Porto Alegre: Sulina; 2002.
9. Scientific Method [cited 10/18/2010]. In: Wikipedia. Available from: <http://pt.wikipedia.org>.
10. Meis L, Rangel D. *O Porquê do Projeto. Ensinando Ciência com Arte*. Volume 2 [DVD]. Rio de Janeiro: Departamento de Bioquímica Médica, UFRJ; 2002.
11. Freire P. *Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra (Coleção Leitura); 1997.
12. Hottois G. *Le signe et la technique. La philosophie à l'épreuve de la technique*. Paris: Aubier Montaigne; 1984.

4. Discussão

As questões aqui apresentadas abordam um conjunto de aspectos que dizem respeito às vivências dos alunos em um laboratório de pesquisa científica acadêmica na área da saúde e à inserção destas vivências num contexto maior. O trabalho de bancada reflete a relação dos alunos com as linguagens científicas teóricas e práticas e com a educação formal e informal em ciências. Os alunos inserem-se em projetos científicos; interagem com outros alunos, com professores e outros profissionais; vivenciam as expectativas por resultados e submetem-se a prazos e pressões. Sentem a inevitável exigência de desempenhar habilidades não pertencentes diretamente à sua área de conhecimento, mas que são essenciais ao trabalho; deparam-se com o universo das subjetividades humanas intrínsecas ao seu ambiente de trabalho e com a falta da discussão sistemática sobre estas subjetividades tanto em aula quanto no laboratório. Lidam com a incerteza e o inesperado; interpretam e publicam seus resultados, fazendo parte não só de um grupo de pesquisa, mas também de uma universidade, de uma sociedade e de redes globais. Além de espelhar a postura dos alunos frente à ciência e sua educação, suas inter-relações com o método científico também refletem suas expectativas profissionais, o impacto da ciência em suas vidas e o atual contexto da ciência na sociedade.

Qual é o início da participação do aluno na pesquisa científica acadêmica? Início do quê? Quem está iniciando? Onde? Quando? Como? E principalmente: por quê? Antes de começar a escrever sobre Terapia Gênica nesta discussão de tese com a objetividade característica dos estudos acadêmicos de ciências da saúde, a contextualização do presente estudo se faz necessária para acompanhar o caminho que este doutorado percorre e compreender suas inesperadas aventuras por campos do conhecimento que parecem tão distantes, mas se mostram tão afins.

O aluno ingressa em um laboratório de pesquisa científica e encontra um ambiente pré-estabelecido. Contudo, seu ingresso é por si só um fator de alteração deste ambiente. Tudo muda o tempo inteiro, mas será que o aluno tem noção de como e do quanto ele e o ambiente acadêmico alteram um ao outro? Será que o aluno se faz os questionamentos acima? O que realmente está tendo início com o ingresso do estudante na pesquisa acadêmica é a sua condição oficial de aluno de iniciação científica ou pós-graduando. Muitas vezes, este estudante já havia participado de outro grupo de pesquisa. Se não, sua natureza humana já o havia feito realizar alguma atividade de

caráter pesquisador durante sua vida. Seu grupo de pesquisa, na grande maioria das vezes, já atuava antes de seu ingresso, assim como o programa de pós-graduação e a instituição de ensino. Mais ainda, o pensamento científico ocidental vem sendo coletivamente construído há séculos e o pensamento filosófico que o gerou, há milênios. O início de uma nova fase para o aluno dá-se dentro de um contexto pelo menos tão antigo quanto o ser humano e que nunca para de acontecer.

O que representa essa condição oficial? Com o ingresso do aluno no laboratório, inicia-se uma nova fase na qual ele passa a ter responsabilidade, tendo consciência disso ou não, pela construção coletiva da ciência. Essa coletividade se dá em diversos níveis e em todos eles o aluno faz parte de um grupo de pesquisa, que faz parte de um programa de pós-graduação, que se situa dentro de uma instituição de ensino; a instituição de ensino relaciona-se com as comunidades às quais pertence (sociedade civil regional e nacional, comunidade científica globalmente interligada). Por mais complicado que seja para o aluno dar-se conta de – e, mais que isso, sentir - sua inseparabilidade em relação ao todo da construção coletiva da ciência quando ele passa o dia a dia confinado em laboratórios e exercendo essa interligação quase que só virtualmente, mais difícil ainda é um trabalho científico atualmente ser feito unicamente por uma pessoa. No momento que se procura um artigo na internet ou se conversa com um colega, por menores que essas contribuições possam parecer, se está executando a construção coletiva. Não há parte sem todo. Se não, não seria parte. Logo, não está se iniciando um trabalho isolado pertencente a uma pessoa isolada. O aluno altera diariamente o grupo, trazendo alterações para sua instituição de ensino e tendo o poder de transformar a sociedade. A conscientização desse poder por parte do aluno atinge as mais variadas dimensões. De qualquer forma, é inevitável que o aluno seja um agente de mudanças, pelo menos as estatísticas da pesquisa serão alteradas: mais um estudante.

A pesquisa científica ocorre em diversos locais. O mais palpável é o laboratório onde o trabalho é desenvolvido, lar dos microcosmos requisitos aos experimentos científicos. Mas há também os pensamentos e os sentimentos dos envolvidos, ou seja, o trabalho também está dentro das pessoas e os envolvidos também estão nos pensamentos e sentimentos uns dos outros. Atualmente, o espaço virtual é de extrema importância, o trabalho vai e vem para dentro e fora do computador e, através de satélites, de um computador para qualquer outro no mundo. De outros computadores para outros laboratórios, onde o trabalho poderá ser alterado. As pessoas também podem se deslocar. E tudo isso pode assumir infinitas combinações. Desta forma, há um

coletivo de locais necessários para uma construção que só pode ser coletiva.

Há também mais de um tempo. O tempo enquanto variável científica está presente na execução e descrição dos experimentos científicos realizados pelo aluno, bem como nos prazos que ele deve cumprir. É a escala criada e utilizada pelo homem para atribuir ordem cronológica aos acontecimentos. Este tempo escalona aquilo que se movimenta no espaço, suas unidades de medidas são amplamente utilizadas no nosso cotidiano (segundo, minuto, hora, dia, semana, mês, ano, década, século e milênio). O tempo de uma reação química, os prazos do mestrado e do doutorado, a ordem cronológica dos passos de um protocolo. Enquanto o aluno tem um tempo para exercer suas atividades que é limitado pela própria inserção das coisas no espaço, a atual sociedade prega um tempo imaginário dentro do qual deveríamos conseguir fazer muito mais do que é fisicamente possível. Por isso, vivemos a constante sensação de que nossos dias não foram tão produtivos quanto “deveriam” ter sido.

Como se faz ciência? Com conhecimento e método, certamente! Mas será que as faculdades da nossa esfera racional são as únicas necessárias? Os alunos experienciam e vivenciam muito mais do que aquilo que racionalmente diz respeito aos experimentos. Logo, alcançamos a mais importante questão: por que o aluno busca inserir-se na pesquisa científica acadêmica? Para aprender? Por que quer pesquisar? Por que acredita que vai fazer descobertas científicas importantes? Por que quer aumentar seu currículo e ter os títulos de mestre e doutor? Por que é uma etapa obrigatória da construção de uma carreira que julga ser promissora? Por que está desempregado? Por que tem a oportunidade? Para continuar o que já havia começado? Por pressão de outros? Por que gosta do ambiente acadêmico? Em fim, qual o propósito do aluno? O aluno tem clareza sobre seu propósito? Seja qual for, este estudante passa por um processo educacional que o figura como sujeito transformador da ciência desenvolvida na sociedade contemporânea.

Estas questões dizem respeito à vida dos estudantes na pesquisa científica acadêmica como um todo; sua problematização em um estudo não nos permite respondê-las completamente, mas possibilita a análise de partes de um conhecimento maior. A presente tese se propõe a estudar o fazer ciência dos alunos em um laboratório de pesquisa acadêmica na área da saúde, partindo dos experimentos de bancada em busca da compreensão das vivências. Os protocolos de terapia gênica para Gangliosidose GM1 foram utilizados na análise, por pesquisa qualitativa, dos processos que os alunos atravessam no laboratório. O referencial teórico utilizado, a complexidade

de Edgar Morin, possibilita a articulação entre conhecimentos de áreas diferentes necessária a este estudo.

4.1. A Terapia Gênica para Gangliosidose GM1 como Ponto de Partida

Os estudos científicos realizados no CTG concentram-se em três principais linhas de pesquisa, sendo uma a terapia gênica, e estruturam-se em projetos científicos cuja execução prática segue os protocolos à bancada, conforme tradição da pesquisa científica desta área. Um desenho experimental para um projeto de pesquisa em terapia gênica para Gangliosidose GM 1 foi desenvolvido e utilizado como ponto de partida para o estudo do fazer ciência no laboratório.

Por ser amplamente utilizada nos projetos de terapia gênica em geral e por frequentemente apresentar problemas de execução e rendimento, a extração de plasmídios foi o primeiro procedimento a servir como base para a pesquisa qualitativa no CTG. A extração de plasmídios é empregada na obtenção de vetores a serem utilizados em pesquisa em terapia gênica. Os demais procedimentos foram escolhidos por ser a continuação da seqüência de procedimentos do desenho experimental em questão, sendo eles a separação por eletroforese dos plasmídios extraídos, sua purificação e sua utilização para a transfecção de células em cultivo provenientes de pacientes com Gangliosidose GM1.

Os estudantes que aprendem estes procedimentos passam pelas etapas de aprendizado descritas no item 1.2.2 desta tese, que se baseiam em explicações e demonstrações de um indivíduo com experiência a um novato que recebe acompanhamento até passar à execução por conta própria. Apesar de ser a forma mais comum de aprendizado dos procedimentos laboratoriais, este processo educacional não tem base em estudos científicos, ocorrendo continuamente por tradição da área. Além disso, a pesquisa experimental que domina amplamente o fazer ciência em laboratórios de pesquisa científica acadêmica têm enfoque nos objetos de estudo. Assim, para estudar os alunos e seus processos de aprendizado, utilizamos a pesquisa qualitativa.

4.2. A Pesquisa Qualitativa para Estudar os Alunos e Seus Processos

O primeiro artigo desta tese constitui-se no primeiro estudo por pesquisa qualitativa desenvolvido no CTG. Em sua fase exploratória, identificamos a não sistematização do processo de aprendizado dos procedimentos laboratoriais, assim

definindo o problema de pesquisa: estudar o processo de aprendizado de procedimentos executados no laboratório através da testagem de um material de arte-educação (uma história em quadrinhos que retrata procedimentos de bancada) elaborado por nós para ser associado aos protocolos destes procedimentos. O estabelecimento de um referencial teórico conceitual, a complexidade de Edgar Morin, permitiu a construção adequada em conteúdo e forma do instrumento de coleta de dados utilizado, a entrevista semi-estruturada. Também com base no referencial teórico, a exploração do campo de estudo determinou o critério de amostragem, incluindo somente alunos que nunca haviam realizado os procedimentos, e a estratégia de entrevista – após vivência de aprendizado baseada na forma tradicional descrita no item 1.2.2, os alunos foram entrevistados à bancada pelos autores que os ensinaram os procedimentos logo após a execução dos mesmos. A interpretação dos temas expressos pelos alunos nas entrevistas baseou-se na questão metodológica da complexidade, que se constitui em interpretar as emergências cruciais e estratégicas para articulá-las, assim relacionando-se a proposta da hermenêutica-dialética de construir um caminho de pensamento que reflita a realidade dos sujeitos. Realizamos, assim, um estudo de pesquisa científica qualitativa descritiva e analítica para o processo em questão cujos resultados nos incentivaram a aprofundar o estudo sobre os processos de aprendizado no laboratório através da expansão do emprego da pesquisa qualitativa.

As reflexões espontâneas dos alunos sobre métodos de aprendizagem de procedimentos laboratoriais e sobre o seu fazer ciência quando das entrevistas do primeiro estudo resultaram na fase exploratória do estudo seguinte, para o qual definimos o problema de pesquisa: estudar o fazer ciência no laboratório e a relação dos alunos com o método científico. Utilizamos o mesmo referencial teórico e também realizamos entrevistas semi-estruturadas. A exploração do campo de estudo nos levou a definir como critério de amostragem a inclusão de todos os alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado vinculados ou que já haviam tido vínculo ao mesmo laboratório, o CTG, e que se dispusessem a participar. A estratégia de entrevista resultante desta exploração definiu como ambiente adequado uma sala fechada dentro do CTG para permitir condições apropriadas (sem interrupção de colegas ou interferências de terceiros) e como entrevistadora a co-autora deste estudo Gabriella Rejane dos Santos, que já dominava as técnicas de entrevistas e possivelmente não provocaria tanta inibição nos entrevistados por não se sentirem seguros frente às questões da entrevista quanto o autor desta tese. Além disso, ao aceitarem e assinarem o

termo de consentimento livre informado, os entrevistados foram solicitados a não conversar sobre as entrevistas com seus colegas até que esta tapa do estudo estivesse encerrada. Assim, a estratégia de entrevista permitiu que os principais problemas (a falta de motivação dos entrevistados, a compreensão inadequada das perguntas, a inabilidade dos entrevistados para responder, o fornecimento de respostas falsas e a influência exercida sobre o entrevistado pelo aspecto pessoal do entrevistador) fossem evitados ou contornados. A interpretação dos temas expressos pelos alunos nas entrevistas também se baseou na questão metodológica da complexidade.

Atingimos, portanto, o objetivo de articular a relação entre sujeito que pesquisa e objeto pesquisado, problematizando a pesquisa qualitativa com enfoque em educação em ciências no CTG. Elaboramos materiais de arte-educação (Mae, 1975) e testamos sua associação aos protocolos de bancada relacionados. Aprofundamos a pesquisa ao estudarmos a relação dos alunos do CTG com o método científico e seu aprender a fazer ciência. Por fim, desenvolvemos atividades educativas e outros materiais com base nos resultados cuja discussão segue abaixo.

4.3. O Fazer Ciência do Aluno e a Questão da Linguagem

O estudo dos processos de aprendizado com enfoque nos sujeitos traz consigo a questão das diferentes linguagens. Os procedimentos laboratoriais são executados com base em protocolos científicos que são geralmente extensos, divididos em diversos passos apresentados como itens separados, seguem a formalidade científica rigorosamente, apresentam predominância da palavra escrita e do imperativo na utilização dos verbos e seus resultados são expressos numericamente. Do mesmo modo, a redação de artigos e trabalhos científicos utiliza unicamente linguagem científica formal, sendo esta a linguagem com a qual os alunos se deparam no fazer ciência em laboratórios de pesquisa acadêmica da área da saúde. No entanto, a linguagem utilizada pelos alunos no seu cotidiano é a coloquial e é esta que levam consigo para dentro do laboratório. Há, portanto, a coexistência de duas linguagens no fazer ciência do aluno.

Quando da elaboração das histórias em quadrinhos, consideramos que o uso concomitante da linguagem científica formal e da linguagem coloquial do cotidiano dos alunos poderia produzir um material que diminuísse a distância entre os alunos e a formalidade dos protocolos. Além disso, buscamos proporcionar outros recursos de linguagem ausentes nos protocolos, como diálogos e expressões de sentimentos, ou

pouco presentes, como as imagens. Por outro lado, incluímos as informações científicas dos procedimentos e mantivemos as ilustrações fiéis à execução técnica apropriada. Produzimos, então, um material de arte-educação cuja implementação associada aos respectivos protocolos científicos auxilia no elo entre a linguagem dos alunos e a da ciência.

As entrevistas de ambos os estudos também refletem a coexistência das linguagens. Os roteiros foram elaborados na formalidade científica, mas a linguagem das conversas estabelecidas nas entrevistas é unicamente coloquial, mesmo para a expressão de temas relacionados à ciência. Nestas situações, foi papel do entrevistador fazer o elo entre a linguagem científica do roteiro e a forma natural de expressão dos entrevistados.

As observações e problematizações que ocorreram neste estudo em relação ao uso da linguagem no laboratório nos permitiram estabelecer uma relação entre a separação das ciências em áreas distintas, seus métodos e ferramentas, as linguagens empregadas e o impacto destas linguagens nos alunos de um laboratório de pesquisa acadêmica na área da saúde. A pesquisa quantitativa experimental com enfoque no objeto de estudo predomina nesta área, ocorrendo à coexistência da formalidade científica e da linguagem coloquial dos alunos. O desconhecimento da pesquisa qualitativa, muito utilizada pelas ciências humanas, causa estranheza a estes alunos tanto no que diz respeito a seus métodos quanto às ferramentas utilizadas, como os materiais de arte-educação e as entrevistas. Há uma dificuldade geral inclusive de entender um estudo que utiliza pesquisa qualitativa como científico, o que pode se explicar pelo fato de que histórias em quadrinhos e conversas não fazem parte do universo de pesquisa laboratorial que usa linguagem científica formal, mas da informalidade da vida fora do laboratório. Em relação à linguagem da filosofia da ciência, estabelece-se uma relação de pouco contato devido à redução do fazer ciência destes alunos à operacionalidade dos projetos científicos.

Nossa interpretação sobre as linguagens e seu uso no laboratório vai ao encontro da corrente de pensamento que compreende a linguagem científica formal como distinta da linguagem cotidiana, conforme atesta Bachelard (1972). Pela ótica do referencial teórico do presente estudo, a linguagem formal exclui analogias e metáforas, que são ingredientes necessários ao pensamento. O pensamento emerge de um processo psicocerebral complexo que acontece em uma cultura e é marcado pela experiência passada, colocando em ação a competência lingüística e a maquinaria lógica do indivíduo. Desta

forma, a linguagem informal atua complementarmente à formalidade científica ao permitir que a inflexibilidade seja evitada, mas mantendo-se a precisão lingüística (Morin, 2005a). A articulação entre as formas de linguagens aqui relatadas possibilita a abertura de espaço para reflexão em um ambiente marcado pela objetividade operacional, resultando em ganho de sentido para o conhecimento formal relacionado ao fazer ciência dos alunos envolvidos e introduzindo abordagens, materiais, ferramentas e atividades novas a eles.

A linguagem informal das histórias em quadrinhos nos permitiu utilizar recursos, como a imagem e a trama entre os personagens, considerados pelos alunos como capazes de estimular a memória e facilitar a compreensão da inter-relação dos passos dos protocolos. Os materiais de arte-educação lidam com as subjetividades humanas, assim podendo ser úteis também para trabalhar à objetividade com que as questões subjetivas foram tratadas pelos alunos entrevistados neste estudo, bem como as contradições em relação à questão da criatividade. As atividades educativas elaboradas a partir dos resultados das entrevistas não só proporcionam um retorno aos entrevistados como parte de um processo de educação, mas buscam auxiliar na criação de condições para a autonomia educacional destes alunos (Freire, 1997). Para tanto, o aluno deve ser estimulado à participação ativa, a fazer com seus próprios meios, a articular seus conhecimentos e transformar suas práticas, participando de processos individuais e de grupo com continuidade e levando estes processos e aprendizados para outras situações. Assim, projetos que se encarregam de criar condições para que os alunos sejam expostos e possam participar destes processos e atividades são necessários à manutenção de um ambiente propício para tanto, o que se constitui em um grande desafio em laboratórios de pesquisa científica acadêmica na área da saúde devido ao enfoque predominante no estudo dos objetos e ao vínculo temporário e cíclico dos alunos.

As atividades educativas devem contextualizar, no nosso caso, a relação dos alunos com o seu fazer ciência, permitindo-se não se limitar aos métodos e recursos de uma única área da ciência, mas articulando os conhecimentos de áreas diferentes e utilizando os recursos que contemplam as necessidades identificadas. Os resultados desta tese demonstram que é necessário aos alunos inseridos na pesquisa científica acadêmica da área da saúde vivenciar dentro do laboratório processos educacionais voltados à pesquisa científica, articular o pensamento científico ao seu fazer ciência (hoje reduzido à operacionalidade de projetos) e contextualizar seu fazer ciência na

história e na sociedade, estando estas necessidades relacionadas à não articulação entre sujeito e objeto e à separação das ciências. Desta forma, apresentamos abaixo atividades educativas, materiais de arte-educação e outros projetos elaborados para estas finalidades.

4.4. Materiais de Arte-Educação e Outras Atividades

4.4.1. Grupo de Estudos em Educação em Ciências

De julho de 2007 à junho de 2008, um grupo de estudos em educação em ciência foi organizado no CTG pelo autor desta tese. Com encontros quinzenais, o grupo contou com a participação fixa de 3 alunos de iniciação científica e com a presença esporádica de diversos estudantes. Foram trabalhados tópicos de história da ciência e pensamento científico escolhidos pelo grupo e sempre por abordagens que permitem aos alunos inter-relacionar os conhecimentos em questão com o seu dia a dia na sala de aula e na pesquisa científica acadêmica. Um exemplo de atividade do grupo foi a leitura crítica do livro *Pedagogia da Autonomia*, de Paulo Freire. A atividade de encerramento foi a aplicação por parte dos participantes de um estudo de metodologia científica aos seus respectivos trabalhos de conclusão de curso, conforme apresentado abaixo (Cervo & Bervian, 1983).

Defina para o seu projeto científico:

- A – Formulação do problema de pesquisa;
- B – Construção de hipóteses e especificação dos objetivos;
- C – Identificação do tipo de pesquisa;
- D – Operacionalização das variáveis;
- E – Seleção da amostra;
- F – Elaboração dos instrumentos e determinação da estratégia de coleta de dados;
- G – Determinação do plano de análise dos dados;
- H – Previsão da forma de apresentação dos resultados;
- I – Cronograma da execução da pesquisa;
- J – Definição dos recursos humanos, materiais e financeiros.

4.4.2. Jogo de Tabuleiro

Os resultados de *Study about the comprehension of the scientific method by members of a health research university laboratory* demonstram ser bastante difundida entre os alunos a concepção de que um projeto científico é proposto e realizado para provar uma hipótese cujo resultado previamente idealizado é de interesse prático. Por outro lado, não é clara a concepção de que a formulação de uma questão científica produz uma hipótese nula e uma alternativa, indicando um desenho experimental para testar estas hipóteses e então comprovar uma e rejeitar a outra e de que é justamente por não se saber o resultado de antemão que se aplica o método científico em um projeto. Para trabalhar esta questão com os entrevistados, realizamos um seminário interativo de grupo com o objetivo de discutir a concepção de projetos científicos e demonstrar a diferença entre provar uma hipótese com resultado previamente idealizado e testar as hipóteses nula e alternativa de uma questão científica, utilizando os projetos dos entrevistados como exemplo. Durante este seminário, os desenhos experimentais dos projetos dos entrevistados foram analisados de forma a considerar se as concepções “testar hipóteses” e “provar uma hipótese” resultam em desenhos experimentais diferentes. A conclusão afirmativa a que chegamos nos levou a propor um jogo para auxiliar os alunos a compreender as etapas de um projeto de pesquisa.

Realizamos, então, um seminário subsequente para receber sugestões do grupo, o que nos proporcionou chegar ao formato de um jogo de tabuleiro que passou a ser desenvolvido com a participação da então estudante de iniciação científica Agnes Grossenheimer. Este jogo, que ainda encontra-se em elaboração, apresenta 5 níveis para o tabuleiro, cada nível representando uma etapa da execução de projetos científicos. No primeiro nível, o jogador depara-se com uma questão científica da qual resulta uma hipótese nula e uma alternativa a serem testadas em um projeto. Procedimentos experimentais possíveis são apresentados no nível seguinte. No terceiro nível, o jogador recebe um determinado desenho experimental que pode conter ou não os grupos teste e controle adequados. Os resultados possíveis de serem gerados por cada desenho experimental são apresentados no nível 4 e discutidos no nível 5. O jogador tem, então, a oportunidade de voltar ao nível 3 para comparar desenhos experimentais diferentes e perceber as diferenças resultantes. Acreditamos que este jogo pode auxiliar compreensão dos alunos sobre a concepção e o desenvolvimento de projetos científicos.

4.4.3. Curso sobre Método Científico

Dentre as atividades educativas de retorno elaboradas a partir dos resultados de *Study about the comprehension of the scientific method by members of a health research university laboratory*, um programa de curso sobre método científico foi proposto para articular conhecimentos de história e filosofia da ciência com o fazer ciência no laboratório. Com o objetivo de trabalhar a falta de contextualização da ciência apresentada pelos alunos, o programa inicia com uma aula de história da ciência. A segunda aula é sobre filosofia da ciência e seu objetivo é apresentar as principais correntes de pensamento científico que influenciam o fazer ciência no laboratório, com enfoque no tema método científico, uma vez que o desconhecimento sobre autores e obras relacionadas a esse tema também se apresentou como um resultado marcante do estudo. A última aula relaciona como os conhecimentos das aulas anteriores fazem parte do dia a dia do laboratório de pesquisa acadêmica, enfocando a aplicação do método científico. Este curso deverá ser realizado em 2011 no Centro de Pesquisa Experimental (CPE) do HCPA em três dias, contando com uma aula por dia em horário a facilitar a participação estudantil. Serão convidados professores com renomada experiência nos temas abordados.

4.4.4. Outros Materiais

Retratar as subjetividades dos alunos ganha na liberdade artística uma forma complementar ao que se apresenta nos artigos desta tese. Os poemas que seguem fazem parte de uma série de 4 poemas ilustrados, compostos pelo autor desta tese a partir de reflexões sobre o fazer ciência e fixados no mural do laboratório. As ilustrações foram criadas e executadas por dois alunos do CTG: Cristina Kath em *A Magia que Combina*, *Reflexões sobre a Rotinoterapia* e *Isso Tudo em "Ina"*; Leon de Moraes Lisbôa em *O Homem-Máquina de Silício*.

A Magia que Combina

A ciência ilumina, a descoberta contagia
O laboratório fascina com toda sua magia
E, a passos largos, avança a tecnologia

Vou junto, mili micro nano pico, dia após dia
Querendo pesquisar tudo que se experiencia
Aos poucos, a expectativa de vida torna-se o resultado que alivia

Pois o tubo de ensaio deixou meu experimento fechado
O reagente químico me deixou intoxicado
E o lixo contaminado me deixou preocupado

A bancada deixou meu lombo curvado
O microscópio deixou meu olho embaçado
E o artigo de periódico deixou meu cérebro cansado

O determinismo achatou meu espírito atrofiado
Tudo assim tão fragmentado
E eu ficando assim tão bitolado...

Mas onde foi parar a descoberta da magia?
Havia algo faltando naquela mente que reduzia
Tudo é tão mais complexo do que antes parecia

Cadê o magnífico resultado que eu obteria?
Ta aí, mas qual é mesmo a diferença que faria?
A rápida expectativa me trouxe uma letárgica apatia

Pára tudo! Tem algo de que não fui avisado
Não vai fazer sentido se não for interligado
É me emocionando com a criatividade que serei libertado

Pois primeiro é humano para então ser científico
Tudo está sempre inter-relacionado
Que limitado insistir no separado

Com a arte, fica tudo reanimado!
E o nosso trabalho, muito mais amado!
Levo, então, ao laboratório meu espírito fascinado!

Antônio Burlamaque

Reflexões sobre a Rotinoterapia

O que fazemos todos os dias?
 Para o quê acordamos todos os dias?
 Para quem vivemos todos os dias?
 Quantos de nós podem existir dentro do mesmo?
 Onde está o pensamento que está dentro da cabeça que faz parte do corpo?
 Pelo quê anseia a alma que está dentro de nós e transborda pelo rosto?

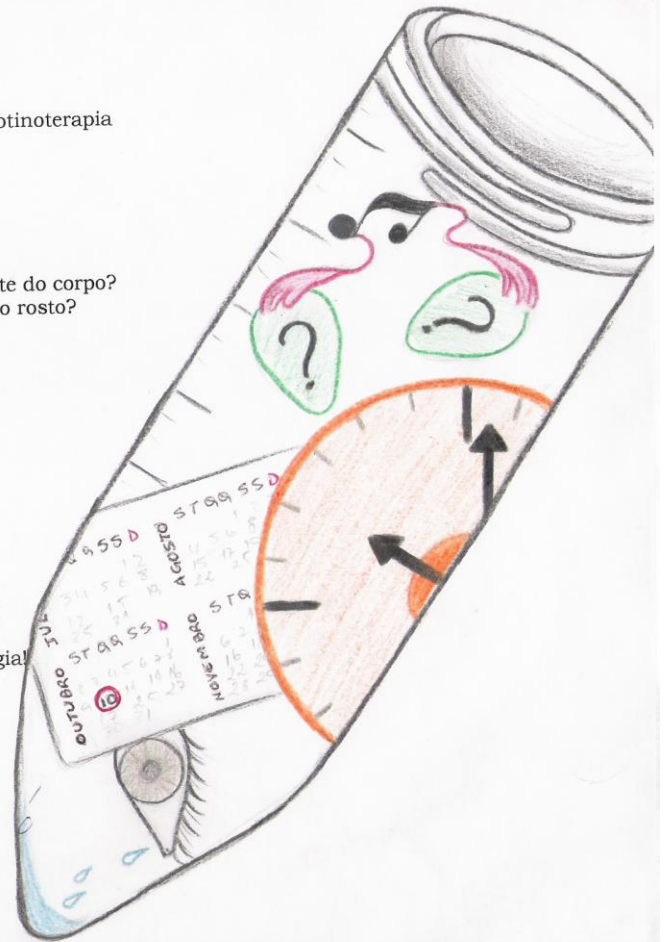
Melhor não pensar demais, pois:

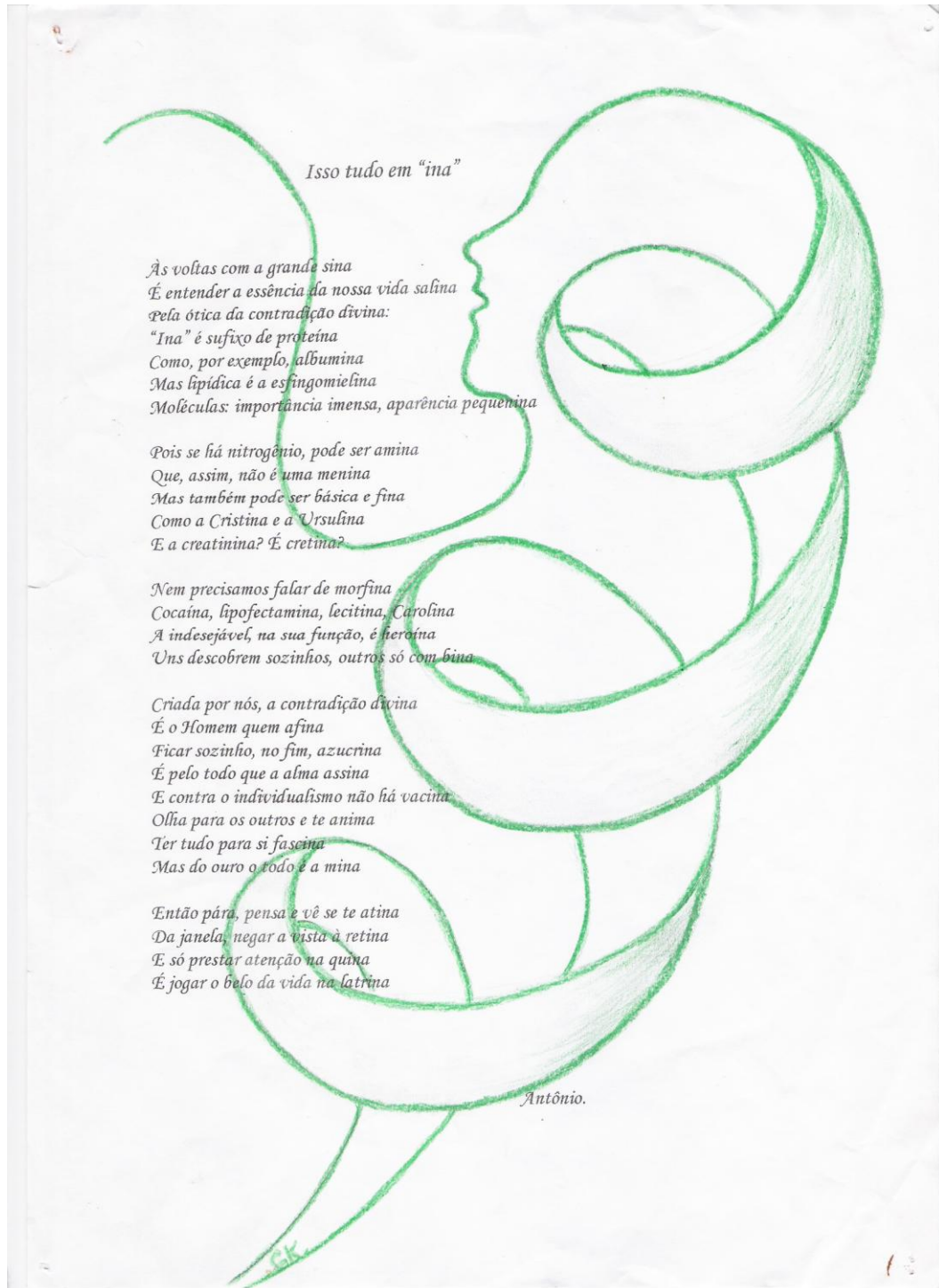
- Se o orgulho te domina, elimina;
- Se o mundo te aceita, aproveita;
- Se a ganância te isola, controla;
- Se o carinho faz bem; AMEM!

- Se sorrir contagia, risoterapia;
- Se a mão massageia, massoterapia;
- Se o cérebro está sempre em ação, meditação;
- Se a agulha te fura, acupuntura;
- Se receptor é farmacologia, o substrato tá na farmacoterapia;
- Se a existência do DNA é ecumênica, terapia gênica (!);
- Se nosso estudo é a lipossomia, estamos perdidos na nanologia!

- Se ciência vicia, arte + gente + boemia!
- Se a vida te excita, exercita!

Antônio





O Homem Máquina de Silício

Eles pensam que eu sou máquina
Que só existe para funcionar
Pior é eu achar que sou máquina
E não me permitir errar...

Eu a medir, contar, mensurar
A obrigação de sempre avançar
O homem-virtual desvirtuado
Sem equilíbrio, mas maximizado

A ciência clássica acha que ilumina
Intolerância que nutre a disjunção
Um paradigma que encobre a retina
Ignorância cega da exclusão

E o relógio pronto para marcar
A precisão fria do teu almejar
A exatidão medida em cada sonhar
Todo glamour de ter sem precisar

E a métrica não sai da minha cabeça
O número e o lugar de cada peça
Pra maioria a vida segue avessa
Que porra de ordem e progresso é essa?

E mais cobrança para alavancar
O homem-silício e a parte elementar
Que nunca pôde ser quantificada
Sem coração e com a cabeça quebrada

E a exigência sem misericórdia
Contabiliza o lucro da discórdia
O nervosismo a muito anunciado
Pois ninguém dá conta do recado

O homem-máquina reduzido a lata
Um robô velho enguiçado e sem chacra
E a mecânica empurra a catraca
Da sua cova ordenada e laica

Eles pensam que eu sou máquina
Que só existe para funcionar
Pior é eu achar que sou máquina
E não me permutar.

Antônio Burlamaque



Os próximos poemas, por sua vez, são frutos das reflexões do autor desta tese sobre temas relacionados à ciência. *Conduta γ X Termodinâmica* relaciona as condutas de aprendizado descritas por Piaget às leis da termodinâmica e foi musicado pelo próprio autor. *Catarse de uma Era* problematiza a ciência moderna e foi musicado por André Jacques Baptista, que também realizou a musicalização de *O Homem-Máquina de Silício* (acima). Estes três poemas musicados fazem parte de um dos roteiros desenvolvidos no teatro *Libertando a Arte do Conhecimento*, projeto de extensão da UFRGS apresentado abaixo.

Conduta γ X Termodinâmica

*Aquilo tudo que tu quer
Desejo falta de ideal
Que te consumam e contigo sumam
Imagens da tua cabeça
A reação é desfavorável
E a gente não se ativa*

*Quando o diabo é entropia
Deus é gasto de energia*

*Não fica aí julgando os outros
Se não é todo mundo mau (até tu mesmo)
Há tanta coisa pra fazer
Se é dinâmico, não fica igual
E mais pressão com o passar do tempo
Deixa pior o rito mortal*

*E a reação é desfavorável
Mas a gente não se ativa*

*Quando o diabo é entropia
Deus é gasto de energia*

*Tenta, compreende e cria
Uma boa idéia posta em prática
Recurse o caos em bem comum
Transforma aquilo que tu sente*

*Quando o diabo é entropia
Deus é gasto de energia*

*A reação é desfavorável
E a gente não se ativa
Quando o diabo é entropia*

Deus é gasto de energia

Catarse de uma Era

*Parece ingenuidade
A porta da maldade
Que a virtude cega
Entreabre sem saber*

*Moderna dicotomia
Nanomegalomania
A catarse se anuncia
Como um drink a beber*

*Ganância cinza da tua vitória
O gosto ansiado da tua glória
Nós todos órfãos sem eira nem beira
A detonar nosso lar em poeira*

*E a chama vil da penumbra convida
Ao cume vigoroso, gozo pré-vida
Aquela música sagrada e contida
Que se atravessa do teu âmago à lida*

*E o presságio vem para alertar
O fogo que arde sem queimar
E tudo que não se pode ver
Entranhas negras do teu prazer*

*E o sopro da agulha te chama
Para um acerto lento e gradual
A dor passada que a culpa profana
Vela, clips, fé, empenho e o Tau*

*O paraíso nos teus braços suspenso
Os lábios do pleno te beijam por dento
O cosmos todo no teu colo imenso
Não há nenhum, pois tudo é centro*

*Brindar com o carço agudo do céu
Cada segundo fracionado de beleza
A jóia tenra soterrada no véu
A divindade inerte em toda proeza*

*A lua gira com um lado escuro
Parece lisa mas é cheia de furo
A cristalina face forte e madura
De quem tolera indiferença e injúria*

*À meia-noite começa outro dia
O teu pavor por não poder esquecer
Aquilo tudo que o sol irradia
A tua mente evitando aparecer*

*Parece ingenuidade
A porta da maldade
Que a virtude cega
Entreabre sem saber*

*Moderna dicotomia
Nanomegalomania
A catarse se anuncia
Como um drink a beber*

4.4.5. Teatro sobre Mucopolissacaridose

Assim como a gangliosidose GM1, a mucopolissacaridose (MPS) é um erro inato do metabolismo do grupo das doenças lisossômicas. A pesquisa científica para MPS realizada no CTG mantém vínculo às atividades da Rede MPS Brasil, uma união de centros brasileiros que atendem os pacientes desta doença. A Rede MPS Brasil organiza anualmente o Simpósio MPS Sul, um encontro entre pacientes, seus familiares, os profissionais da área da saúde que os atendem e pesquisadores, incluindo estudantes, de estudos científicos relacionados. O CTG participa do Simpósio MPS Sul com palestras e estandes que contam com materiais de arte-educação voltados à explicação das pesquisas científicas em linguagem coloquial para promover a compreensão dos pacientes e seus familiares.

Para aprofundar tanto o que é oferecido aos pacientes e suas famílias quanto a participação dos pesquisadores no processo de criação de materiais e atividades, o CTG desenvolveu uma peça de teatro sobre os tratamentos para MPS. A peça foi inteiramente composta por um grupo de 15 integrantes do CTG, que a apresentaram no Simpósio MPS Sul de 2009, contando com diversos recursos originalmente criados, como música ao vivo, figurino, materiais cenográficos e outros. Um público aproximado de 100 pessoas estava presente.

Esta peça de teatro não se constitui em uma atividade educativa diretamente elaborada a partir dos resultados desta tese, mas encontra-se aqui apresentada por acreditarmos fazer parte das atividades que emergiram no CTG a partir das condições criadas pelo presente estudo. Após 4 anos de presença constante de atividades com

enfoque nos sujeitos e seus processos educacionais que trouxeram a utilização de métodos, ferramentas de pesquisa e materiais de arte-educação que possibilitam e privilegiam a expressão humana, nos parece que o ambiente laboratorial se transformou de forma que o que causava estranheza passou a ser recebido com naturalidade. Assim, uma atividade de arte-educação desenvolvida pelo grupo sem ser parte constitutiva do presente estudo se relaciona a autonomia educacional que este auxiliou a fomentar.

4.5. Projeto de Extensão

Os conhecimentos produzidos em estudos científicos, bem como as atividades e materiais desenvolvidos, podem ser aplicados em projetos de extensão. Cadastrado na Pró-Reitoria de Extensão UFRGS, O *Projeto de Inovação Cultural – Libertando a Arte do Conhecimento* é um espaço de produção e expressão artístico-cultural da Faculdade de Farmácia cuja concepção resulta do presente estudo. Os espaços de construção de conhecimento onde os alunos de Farmácia atuam são, em sua maioria, salas de aula e laboratórios, nos quais são propostas atividades que objetivam a formação instrumental e técnica. No entanto, as novas Diretrizes Curriculares, bem como a alteração curricular implementada no Curso de Farmácia da UFRGS a partir de 2008, orientam a formação de um profissional crítico, reflexivo, que esteja preparado para relacionar-se com os problemas sociais da saúde, o que exige uma abordagem de formação diferenciada. Para que o estudante possa desenvolver competências e habilidades neste sentido é importante a promoção de espaços interdisciplinares que oportunizem a reflexão sobre sua relação com a ciência e sua vivência na Universidade.

O objetivo deste projeto é promover atividades de criação e expressão artísticas, problematizando a vivência dos estudantes nos espaços de produção de conhecimento científico e refletindo sobre a formação acadêmica. Os estudantes desenvolvem criações originais individuais e coletivas de música, poesia, dança e desenho para construir apresentações cênicas, as quais vêm recebendo diversos convites. Foram realizadas apresentações na Escola de Enfermagem da UFRGS, no Cortejo de Abertura do Salão de Extensão da UFRGS, na Disciplina de Higiene Social da Faculdade de Farmácia da UFRGS, na Semana Acadêmica de Farmácia da UFSM, na Escola de Educação Física da UFRGS, na Faculdade de Farmácia da UFRGS e no XXXV Encontro Nacional dos Estudantes de Farmácia. O ator desta tese participa deste projeto como coordenador, escritor e músico. Este item foi adaptado a partir de material produzido em parceria com

Fernanda Nogueira, pedagoga e funcionária da UFRGS que também atua como coordenadora do projeto.

4.6. Perspectivas

4.6.1. A Continuidade deste Estudo

As atividades educativas desenvolvidas para trabalhar os resultados deste estudo com os alunos que dele participaram produzem, por sua vez, os seus próprios resultados, cuja avaliação proporciona novos problemas de pesquisa. Desta forma, projetos de pesquisa subseqüentes podem ser desenvolvidos para dar continuidade à articulação problematizada pela presente tese entre os sujeitos que pesquisam e seus objetos de estudo.

As possibilidades a serem exploradas são diversas. Um exemplo é a elaboração, implementação e avaliação de materiais de arte-educação que fazem uso de recursos sonoros. Os resultados do artigo *Cartoons that Portrait Scientific Protocols* demonstram que a utilização de histórias em quadrinhos associadas a protocolos de procedimentos de bancada são capazes de estimular a memória e a compreensão sobre o procedimento por proporcionar experiências diferentes, emocionar e estimular outros sentidos através do uso da imagem e da trama entre personagens. Desta forma, matérias com recursos sonoros podem se constituir em outro fator de estímulo. Uma apresentação de slides contendo uma trilha sonora para a história em quadrinhos aqui apresentada encontra-se em desenvolvimento.

Ao problematizar pioneiramente no CTG a pesquisa qualitativa para estudar os alunos e seus processos educacionais, o presente estudo proporciona uma base teórica e prática sólida para a constituição de uma linha de pesquisa que permita a continuidade dos enfoques e propósitos desta abordagem. Outros estudos tanto pela ótica da complexidade quanto por outros referenciais teóricos podem ser realizados. Além disso, esta tese pode ser utilizada para o desenvolvimento de estudos de pesquisa qualitativa em outros laboratórios onde a pesquisa experimental quantitativa predomina.

4.6.2. Um Possível Projeto

O referencial de complexidade faz uma crítica reflexiva à ciência moderna, sendo a dicotomia ente sujeito e objeto e a separação das ciências seus principais

aspectos trabalhados nesta tese para problematizar os processos educacionais dos estudantes em laboratórios de pesquisa acadêmica na área da saúde, o que conferiu atenção especial à questão da linguagem. Um projeto de pós-doutorado que parte desta crítica embasada pela complexidade em busca de outro método para a ciência encontra-se em fase de elaboração.

O método de Leonardo da Vinci contempla os requisitos de apoiar-se no experimentalismo, permitir a articulação entre sujeito e objeto e inter-relacionar as áreas da ciência como hoje a conhecemos (no período histórico em que da Vinci desenvolveu sua obra, a Renascença, a ciência ainda não se encontrava sistematicamente separada em áreas; atribui-se ao período seguinte, conhecido como Barroco, o surgimento das idéias que culminaram nessa disjunção, considerando-se René Descartes seu principal idealizador). O método de Leonardo da Vinci parte de um tema central e busca através da pesquisa experimental concebida por método lógico e racional todas as informações possíveis, resultando em conhecimento cientificamente comprovado utilizado para construir obras concretas destinadas a atender interesses diversos do ser humano, sendo estes instrumentais, arquitetônicos, artísticos, etc. Os estudos de da Vinci sobre a luz, por exemplo, resultaram na construção de ferramentas ópticas, na interpretação de fenômenos como a difração e a refração, na dedução de fórmulas matemáticas do campo da geometria, em tratados anatômicos que trazem, entre outros tantos feitos, uma descrição detalhada e pioneira do nervo óptico, em comparações entre a anatomia humana e a de animais e em técnicas de pintura, como o seu renomado *chiaro-escuro* (Capra, 2008).

Partindo-se de um tema central relevante à área da saúde, a articulação entre sujeito e objeto aplicada a um processo educacional nos leva a identificar os sujeitos envolvidos e estudar através de pesquisa científica seu conhecimento em relação a este tema central. Os resultados do estudo são utilizados para produzir atividades educativas, materiais didáticos e outros produtos de interesse aos sujeitos sem as restrições impostas pelas separações das ciências. O projeto de pós-doutorado mencionado acima toma os desafios da ciência no século XXIII como tema central.

4.6.3. Compilação dos Materiais

A compilação dos materiais produzidos para proporcionar à comunidade científica e ao público em geral outras formas de acesso além da presente tese encontra-

se em estudo, podendo ganhar o formato de livro e à disposição eletrônica. Materiais complementares que abordam as subjetividades dos estudantes de forma artística estão sendo criados. Entre eles, encontra-se um conto elaborado a partir das expressões dos alunos entrevistados neste estudo. A personalidade do personagem principal, cujo gênero fica oculto, e sua participação no ambiente de pesquisa científica acadêmica sintetizam todos os entrevistados em um aluno possível com quem os estudantes da área da saúde podem se identificar de uma forma geral. Outros aspectos literários, como a linguagem coloquial, a maneira com que o narrador se refere ao personagem e a idéia que o personagem faz de si mesmo também resultaram desta síntese interpretativa das entrevistas.

A história conta as vivências deste(a) aluno(a) na pós-graduação, seguindo seu enfoque de refletir como o aluno se sente em relação aos acontecimentos da sua vida durante sua passagem pela pesquisa científica acadêmica. O título *O Pássaro, a Galinha, a Borboleta e o Beija-Flor* foi criado a partir de metáforas expressas pelos alunos nas repostas referentes à questão do jogo Tangran das entrevistas analisadas no artigo *Study about the comprehension of the scientific method by members of a health research university laboratory*. Uma estudante relacionou o fazer pesquisa com o jogo dizendo que em ambos se parte em busca de um pássaro, mas acaba-se encontrando uma galinha, referindo-se a questão dos resultados idealizados para os projetos muitas vezes não serem alcançados. Outra descreveu seu processo de montagem da gravura do Tangram como uma quebra de paradigma: “*Primeiro, eu queria que o objeto me transformasse e não que eu transformasse o objeto. Foi quando eu inverti a lógica que eu consegui fazer.*”, o que resultou na montagem de uma borboleta que ela afirma ter feito por inspiração. A borboleta representa, portanto, a liberdade inspiradora proporcionada pela recuperação do protagonismo do sujeito ao se superar uma lógica que subjuga o sujeito ao objeto. Por fim, o beija-flor foi incluído pelo autor para representar a intensidade contínua de beleza que a aventura científica humana pode proporcionar. Espera-se um pássaro e encontra-se uma galinha, decepção que pode nos fazer refletir e transformar, trazendo a borboleta, cuja fugacidade é superada ao se transmutar na bela constância e no impressionante equilíbrio do beija-flor.

4.7. Nota Final do Autor

A grande força propulsora deste trabalho é a convicção na necessidade de compreender as pessoas que pesquisam. Oriundo da pesquisa clássica de bancada em ciências biológicas e da saúde, o enfoque exclusivo no objeto pesquisado me foi automaticamente repassado quando de minha iniciação científica em Genética Molecular. Na pós-graduação em Bioquímica, tive a oportunidade de participar da criação de um laboratório de pesquisa novo, situação que exige dos integrantes envolvimento com um leque de atividades bem mais amplo do que as estritamente de pesquisa de bancada. E, no entanto, estamos todos sempre pesquisando. Isto me elucidou com profunda perplexidade a existência de um paradigma no meio acadêmico em que estou inserido que considera atividade de pesquisa somente a investigação de bancada, o que acarreta na não elaboração e execução sistemática de trabalhos que investigam os pesquisadores. As conseqüências são marcantes. Como aprimorar as pesquisas de bancada se não se busca compreender os pesquisadores que as desempenham? Quando surgem problemas é inevitável que se analisem também os ditos “erros humanos”, mas como fazê-lo sistematicamente, com método e referenciais teóricos, se não se é familiarizado com o enfoque na pessoa? Que formação é essa a que nos submetemos que negligencia nossas subjetividades? Como aprendemos dos outros e ensinamos os próximos? Como poderemos atuar profissionalmente para reduzir as desigualdades do Brasil se estivermos capacitados somente a executar procedimentos, sem saber olhar cientificamente para os indivíduos? Assim, direcionei meu trabalho de doutorado para além da bancada; sem menosprezá-la, sem ser menos rigoroso cientificamente, pelo contrário, estudando também os sujeitos que pesquisam para tornar as atividades de bancada mais precisas, exatas, integradas, contextualizadas, aplicáveis, educativas e divertidas.

É, ainda, fundamental discutir alguns aspectos do processo educacional ao qual o próprio autor desta tese se submeteu. O enfoque nos alunos e seus processos educacionais, desenvolvido nesse estudo, proporcionou, entre tantas outras coisas, o domínio do método qualitativo de pesquisa científica, o aprendizado sistemático de conhecimentos de filosofia e educação em ciências e a habilidade de desenvolvimento de atividades educativas e materiais didáticos. Os frutos desse processo educacional não se limitam a soma e, sim, articulam-se ao método quantitativo, aos experimentos científicos e aos conhecimentos das ciências exatas e da saúde desenvolvidos na iniciação científica, no mestrado e também em parte desse doutorado. Esta formação científica complexa resultou em um projeto de docência capaz de trabalhar com os

alunos o conhecimento objetivo de forma articulada às suas subjetividades, propondo processos educacionais voltados não só aos objetos de estudo, mas que compreendem sistematicamente as necessidades dos estudantes, buscando atendê-las com recursos diversos que contemplam o tripé ensino – pesquisa – extensão da educação universitária.

5. Conclusões

A presente tese articula a relação entre sujeito que pesquisa e objeto pesquisado, problematizando a pesquisa qualitativa com enfoque em educação em ciências no CTG através do referencial teórico de complexidade da obra de Edgar Morin. Histórias em quadrinhos foram elaboradas para retratar protocolos científicos e implementadas no processo de aprendizado dos estudantes em associação aos respectivos protocolos. A relação dos estudantes com o método científico e seu fazer ciência foram analisados; atividades educativas e outros materiais foram desenvolvidos para trabalhar os resultados com os estudantes.

As histórias em quadrinhos consistem em material de arte-educação original de associação viável aos protocolos relacionados. Sua implementação resultou em estímulo à memória e à compreensão dos procedimentos, instigando a reflexão sobre o método científico e o aprender a fazer ciência em um laboratório de pesquisa científica acadêmica na área da saúde. O estudo sobre a relação dos alunos com o método científico e seu fazer ciência demonstra uma compreensão de método científico reduzida à participação em projetos, com ênfase na execução de procedimentos práticos, o que é corroborado pelo desconhecimento de autores relacionados à ciência de uma forma geral. A resolução de um jogo lógico abstrato, o Tangram, apontou para dificuldades em compreender questões e atividades com enfoque nos sujeitos e seus processos, em oposição às atividades de resultado certo ou errado com enfoque nos objetos, forma pela qual interpretam os projetos científicos. O emprego estrito da objetividade para tratar de questões subjetivas também foram reflexos do Tangram e da opinião dos entrevistados sobre as características de um pesquisador de sucesso.

Estes resultados relacionam-se a não articulação entre objeto e sujeito e à separação das ciências em áreas, conforme discutido pelo referencial teórico de complexidade. Os materiais desenvolvidos e as atividades educativas realizadas com os entrevistados para problematizar os resultados deste estudo foram buscadas para proporcionar aos alunos um processo educacional que possibilite articular sistematicamente as relações entre sujeito e objeto e entre ciências naturais e antropossociológicas no laboratório onde ocorre o seu fazer pesquisa científica. Os conhecimentos, atividades e materiais produzidos e desenvolvidos nesta tese se estendem para além do laboratório de pesquisa.

6. Referências Bibliográficas

Anderson F. The best of times, the worst of times. *Science* 2000 (288):679-629.

Amersham Biosciences. [Data file]. Disponível em: <http://www.amershambiosciences.com>.

Balestrin RC *et al.* Transient high-level expression of beta-galactosidase after transfection of fibroblasts from GM1 Gangliosidosis patients with plasmid DNA. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 2008 (41): 283-288.

Beattie RM, Harvey D. Extensive and unusual Mongolian blue spots in a child with GM1 Gangliosidosis type one. *J Roy Soc Méd* 1992 (85): 574-575.

Bachelard G. *Conhecimento comum e conhecimento científico*. São Paulo: Tempo Brasileiro; 1972.

Campbell DT, Stanley JC. *Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa*. São Paulo: EPU; 1979.

Capra F. *A Ciência de Leonardo da Vinci*. São Paulo: Cultrix, 2008.

Caruso F, Carvalho M, Silveira COM. *Ensino não-formal no campo das ciências através dos quadrinhos*. *Ciência e Cultura* 2005 57 (4), 33-35.

Cervo AL, Bervian PA. *Metodologia Científica*. 3ª ed. São Paulo: McGraw-hill do Brasil; 1983.

Cohn JC, Roth KS. *Catastrophic disease presenting in the newborn period*. In: *Metabolic disease: aguide to early recognition*. Philadelphia: WB Saunders; 1983. p. 3-6.

Descartes R. *Discurso do Método*. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes; 2003.

Freire P. *Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra (Coleção Leitura); 1997.

Freire P, Shor I. *Medo e ousadia: o cotidiano do professor*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra; 1987.

Giles TR. *Dicionário de Filosofia: termos e filósofos*. São Paulo: EPU; 1993. p.103.

Goldim JR. *Manual de Iniciação à Pesquisa em Saúde*. 2ª ed. Porto Alegre: Dacasa; 2000.

Hottois G. *Le signe et la technique. La philosophie à l'épreuve de la technique*. Paris: Aubier Montaigne; 1984.

Izquierdo I. *Memória*. Porto Alegre: Artmed; 2002.

Invitrogen [Data file]. Disponível em: <http://www.invitrogen.com>.

Jorde LB, Carey JC, Bamshad MJ, White RL. *Mapeamento gênico e clonagem*. In: *Genética Médica*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.

Lemoine NR. *Understanding gene therapy*. London: Bios Scientific Publishers; 1999.

Mae A. *Teoria e prática da Educação Artística*. São Paulo: Cultrix; 1975.

Matte U, Giugliani R. *Terapia Gênica – Aspectos Técnicos*. In: *Biossegurança em Biotecnologia*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência; 2004.

Meikle *et al*. *Newborn Screening for lysosomal storage disorders: essential for effective therapy*. Proceeding of the 7th International Congress of Inborn Errors of Metabolism: 1997 May 21-25; Viena, Austria.

Meis L, Rangel D. *O Porquê do Projeto. Ensinando Ciência com Arte*. Volume 2 [DVD]. Rio de Janeiro: Departamento de Bioquímica Médica, UFRJ; 2002.

Método Científico, [citado 16.06.2011]. In: Wikipedia. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org>.

Minayo MCS. *O desafio do conhecimento – pesquisa qualitativa em saúde*. 4ª ed. São Paulo: Hucitec; 1996.

Morin E. *Seven complex lessons in education for the future*. Paris: Unesco Publishing; 1999.

Morin E. *O método 1: a natureza da natureza*. 2ª ed. Porto Alegre: Sulina; 2002. p.29.

Morin E. *O método 2: a vida da vida*. 2ª ed. Porto Alegre: Sulina; 2002.

Morin E. *O método 3: o conhecimento do conhecimento*. 2ª ed. Porto Alegre: Sulina; 2002.

Morin E. *O método 4: as idéias – habitat, vida, costumes, organização*. 2ª ed. Porto Alegre: Sulina; 2002.

Morin E. *A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. 12ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil; 2006.

Qiagen [Data file]. Disponível em: <http://www.qiagen.com>.

Scientific Method [citado 10/18/2010]. In: Wikipedia. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org>.

Scriver CR, Beaudet AL, Sly WS, Valle D. *The Metabolic and Molecular Bases of Inherited Disease*. 8ª ed. Blacklick: Mcgraw-Hill Book Company; 2000.

Seashore MR, Wappner RS. *Inborn errors of metabolism*. In: Genetics in primary care and clinical medicine. Stamford: Appleton and Lange; 1996. p. 241-256.

Sena-Esteves et al. *Correction of β -galactosidase Deficiency in GM1 Gangliosidosis Human Fibroblasts by Retrovirus Vector-Mediated Gene Transfer: Higher Efficiency of Release and Cross Correction of the Murine Enzyme*. Human Gene Therapy 2000 (11): 715-727.

Severini MHA, Silva CMD, Sopelsa A, Coelho J, Giugliani R. *High frequency of type 1 GM1 in Southern Brazil*. Clin Genet 1999 (56): 168-169.

Steele F. *Gene Therapy on the RAC*. Mol Ther 2000 (1):1-2.

Triviños ANS. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas; 1987.

Whitley CB. *The mucopolysaccharidoses*. In: McKusick's Heritable Disorder of Connective Tissue. 5^a ed. St. Louis: Mosby-Year Book; 1993. p. 470-471.

Zaha A et al. *Biologia Molecular Básica*. 3^a ed. Porto Alegre: Mercado Aberto; 2003.

7. Anexo

7.1. Conto

O Pássaro, a Galinha, a Borboleta e o Beija-Flor

Era seu primeiro dia em um laboratório de pesquisa científica acadêmica. Havia feito uma entrevista com o professor orientador responsável pelo laboratório após ter descoberto a seleção para esta vaga por intermédio de um colega de aula que trabalhava no laboratório ao lado. Sentiu tensão ao dirigir-se para a entrevista, uma experiência nova que trazia consigo, como todas as experiências novas, o intrigante e imensurável mistério do desconhecido. Lembrou que o próprio anúncio para a vaga indicava que o aluno devia estar no início do curso de graduação e, então, ponderou que seu ar adolescente e sua inexperiência com pesquisa científica não deveriam ser empecilhos. Chegando lá, explicou ao segurança da portaria que tinha horário marcado com o professor, a quem sua imaginação atribuía um caráter de pompa e importância devido aos comentários grandiloqüentes dos seus colegas: “esse professor é reconhecido internacionalmente”, “ele é um dos que mais produz na nossa universidade”, “só o laboratório dele tem o equipamento aquele, agora eu não lembro qual, mas é super importante e só tem lá”. O impacto causado pelo pouco que pôde perceber do ambiente até chegar à sala do professor - pessoas de jaleco carregando reagentes e vidrarias, equipamentos estranhos e sofisticados, conversas repletas de termos científicos que ainda não havia aprendido - era o que faltava para que a timidez se instalasse de vez. Ainda era muito inocente para bolar um jeito de não transparecer seu encolhimento, que o professor obviamente logo notou. Mas esta pequenez frente ao universo da pesquisa científica tinha muito a ver com o fascínio pela ciência que trazia em si desde o ensino fundamental. Sempre gostou de saber sobre a natureza e queria conhecer mais, queria descobrir e compreender, pediu um termômetro de Natal quando tinha quatorze anos. Com o andar da entrevista, este fascínio ficou evidente. Sua imensa vontade de pesquisar e seu cativante gosto pela ciência, aliados a um senso de responsabilidade aparentemente sólido até onde se pode detectar em uma entrevista, conferiram-lhe a vaga. E o primeiro dia no laboratório chegou.

Sua recepção pelo grupo de pesquisa foi ótima. Alguns dispostos a imediatamente lhe ensinar os procedimentos do laboratório, outros mais quietos, mas todos simpáticos. O contato com os colegas diminuiu sua distância do pomposo universo da ciência, eram pessoas comuns, não precisava ser o Einstein para estar ali, ao mesmo tempo em que aumentou seu fascínio logo que pôde acompanhar os primeiros experimentos. Era incrível como o ser humano conseguia partir de um organismo inteiro para isolar uma única molécula, quantificar com tamanha precisão e exatidão seus objetos de interesse, construir máquinas tão maravilhosas.

Coube à aluna de pós-graduação a que acompanharia a maior parte do tempo de convívio no laboratório. Era uma jovem trabalhadora que se encontrava no segundo ano de seu mestrado e logo tratou de ensinar os procedimentos do seu projeto de pesquisa. A mestranda iniciou com algumas explicações teóricas sobre o projeto para logo chegar ao que mais interessava, os experimentos. A maneira pela qual a pós-graduanda ensinou foi a mesma que havia sido utilizada para ensinar a ela: primeiro, o mais experiente demonstra a técnica; depois, o mais experiente somente acompanha a execução desta técnica; por fim, o mais experiente não precisa mais estar junto até a análise dos resultados. E assim se sucede o aprendizado.

Seu primeiro ano de pesquisa científica foi muito intenso. A aluna de pós-

graduação precisava vencer o prazo do curso de mestrado, executara um número enorme de experimentos em um ritmo frenético. Também ocorreu sua breve iniciação na leitura de artigos científicos, os quais demorava bastante para ler, freqüentemente pegando no sono. Contudo, sua determinação era exemplar. Seu senso de responsabilidade antecipado pelo professor havia se confirmado na prática e seu envolvimento não só com o trabalho, mas com os problemas da mestranda, valeram-lhe reconhecimento e elogios. Em fim, havia sido um ano produtivo. E cansativo - nem o seu entusiasmo no laboratório conseguia aliviar a constante preocupação com as provas e trabalhos das disciplinas de graduação, não dava tempo para fazer tudo mantendo o enfoque em aprender e fazer para se livrar era jogar um balde de água fria no fascínio pela ciência, não compreendia porque tinha que ser assim. Que venham as férias!

O descanso lhe devolveu o ânimo. Começou seu segundo ano no laboratório ainda no verão, bem antes do início das aulas. Assim, podia se dedicar exclusivamente e a vontade de conhecer coisas novas lhe dava muita disposição. No entanto, os experimentos do projeto da mestranda que precisavam ser repetidos ocuparam seus dias inteiramente. Como isto era prioritário e provisório, contentou-se e o executou com seriedade e alegria. Apesar do nervosismo da mestranda, a dissertação foi entregue no prazo - no limite, mas ainda assim sem atraso. A apresentação no anfiteatro do programa de pós-graduação ocorreu sem maiores complicações, ficou muito feliz e satisfeito com os agradecimentos que a agora mestre lhe fez publicamente.

As aulas já haviam começado e com elas a preocupação constante das provas e trabalhos. Viveu um momento de calma no laboratório até a pós-graduanda voltar das férias tardias e iniciar o doutorado. Sentia-se compromissado com ela, era fiel e leal, gostava bastante dela também e torcia para que o doutorado dela lhe proporcionasse todo um leque de experiências novas, conhecimentos distintos e idéias brilhantes, como imaginava que um doutorado devia ser. Começaram executando rigorosamente os mesmos experimentos, a única diferença é que as amostras eram outras.

Posteriormente, mais variáveis foram alteradas. Achava tudo igual, ou pelo menos de execução quase idêntica, aquilo que para a aluna de doutorado configurava experimentos totalmente distintos devido às mudanças de temperatura, pH, tempo ou concentração de reagentes. Já não se concentrava mais como antes para fazer os experimentos, aquilo tudo havia se tornado muito mecânico, a prática lhe trouxera confiança, queria acabar logo porque tinha que estudar e, à medida que o fascínio pela ciência declinava, sua amizade com os colegas aumentava a ponto de conversar quase todo o tempo quando estava no laboratório.

Conversavam sobre tudo: as aulas, as festas, as pessoas, os filmes, os livros, as músicas, os esportes, a televisão, os namoros. Um dia, percebeu que seu entusiasmo para ir ao laboratório dava-se muito mais por causa dos colegas do que pelos experimentos, o que também passou a ser assunto das conversas. Pediu conselhos, ouviu opiniões, pensou, perdeu um tanto do controle sobre o nervosismo, sentiu medo e ansiedade, mas suas opções lhe ficaram claras. Podia procurar outras coisas para fazer no laboratório por conta própria, solicitar à aluna de doutorado e ao professor para realizar outras atividades, arranjar uma vaga em outro laboratório. Queria tudo. A curiosidade estava reinstalada.

* * *

Nunca teve dúvidas de que faria pós-graduação. Preparou-se bem para a seleção de mestrado: estudou bastante para a prova, sabia inglês suficientemente para a interpretação de artigos e as repetições de experimentos dos seus primeiros anos de

pesquisa haviam resultado em algumas publicações que lhe renderam pontos importantes. Passou na seleção de mestrado em posição boa o bastante para a obtenção de uma bolsa de estudos.

A ser continuado...

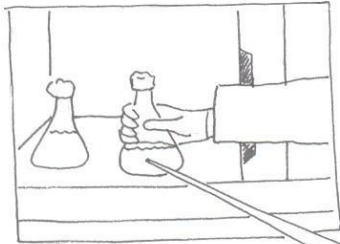
7.2. Histórias em Quadrinhos (em Português)

Utilização liberada mediante reconhecimento de autoria (copyleft).

NO FIM DO CAPÍTULO ANTERIOR, NOSSO HERÓI, O PLASMÍDEO β -GALO, PASSOU A NOITE EM UM ERLÉNMEYER DENTRO DE UMA INCUBADORA (37°C, COM AGITAÇÃO), SENDO MULTIPLICADO PELA DIVISÃO DAS CÉLULAS DE HISTERICTIA COLI QUE O CONTINHAM. NESTE CAPÍTULO...

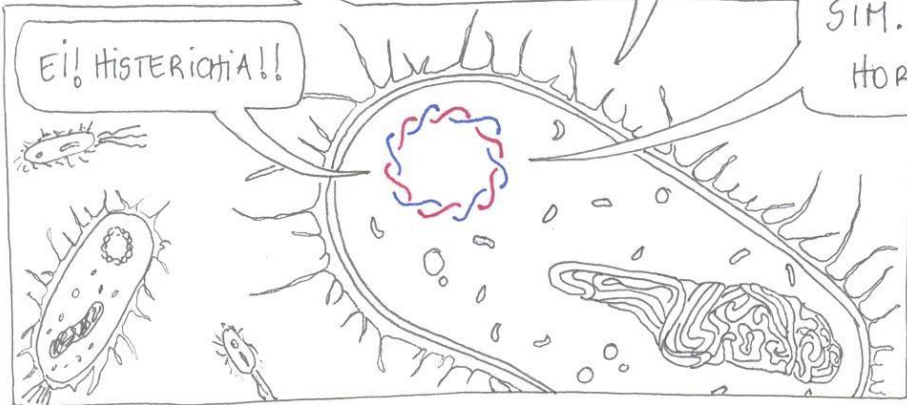
LIBERTAÇÃO DE β -GALO





ACHO QUE A VIBRAÇÃO PAROU, β -GALO...

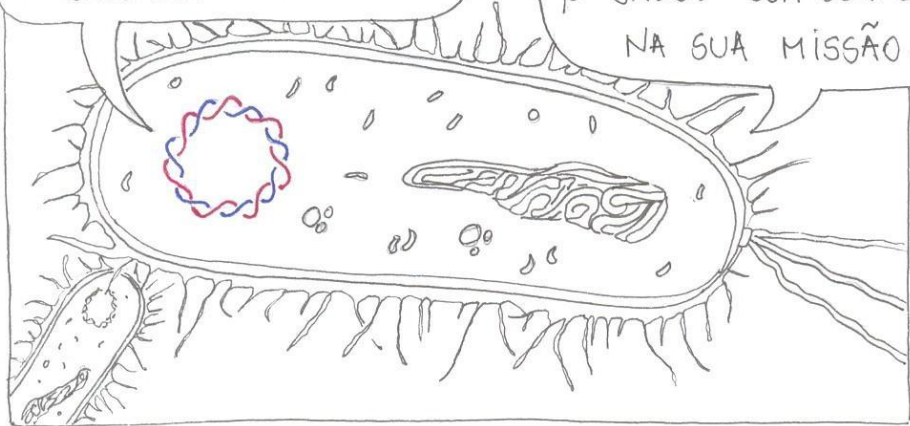
EI! HISTERICHTIA!!

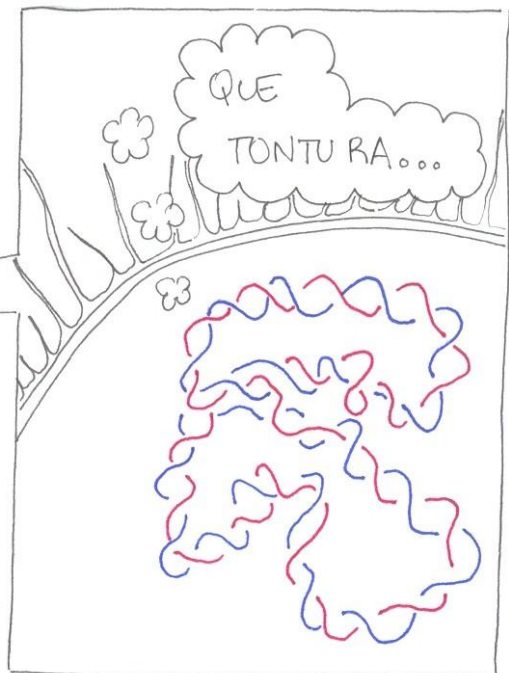
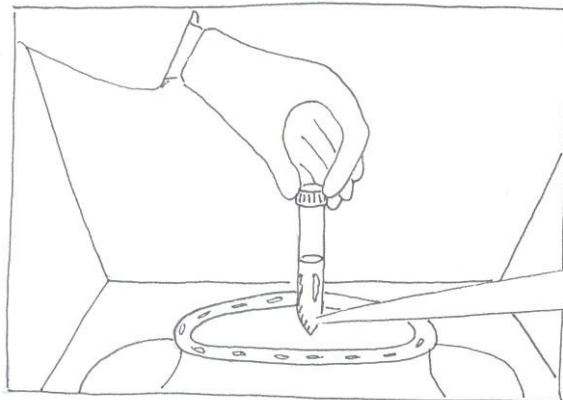
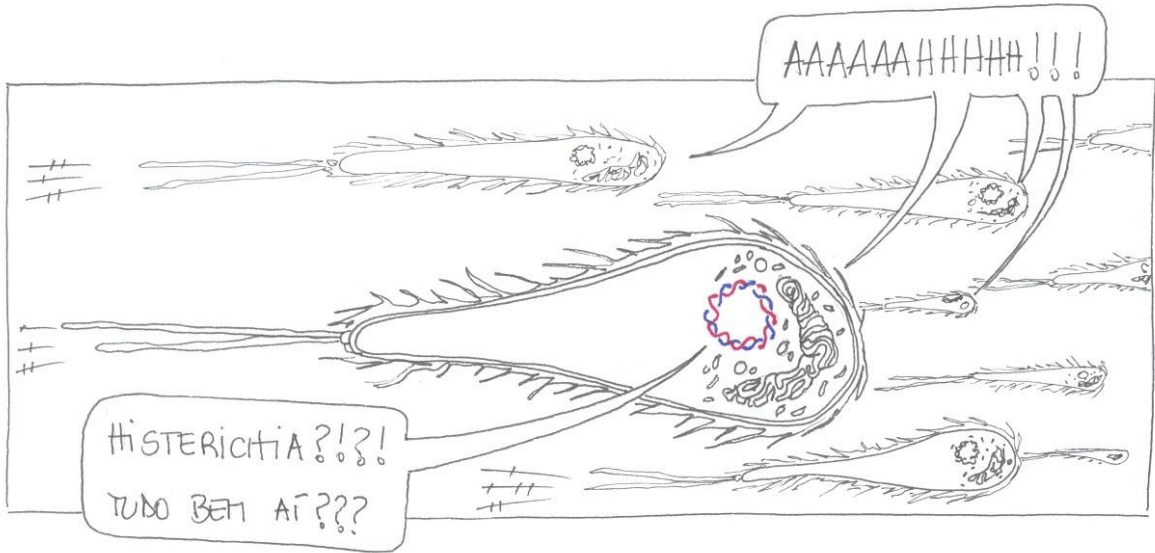
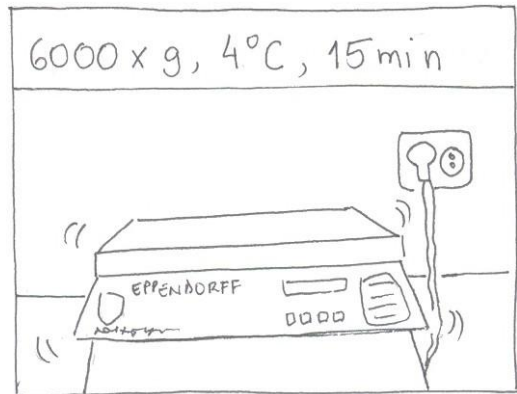
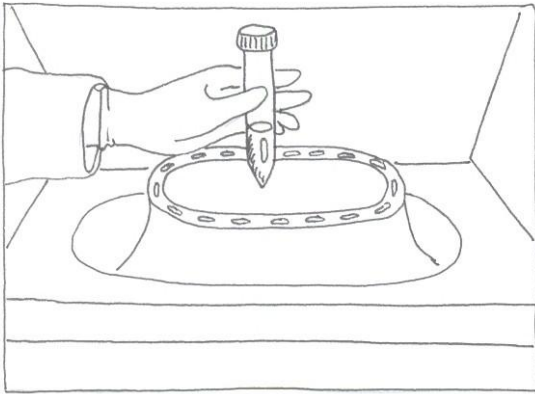


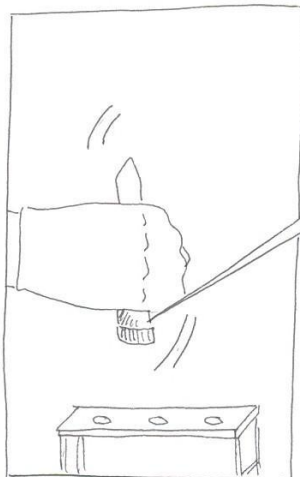
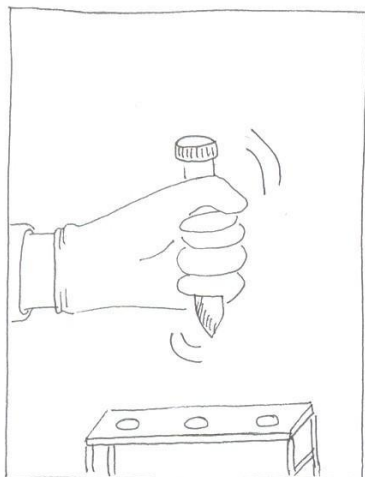
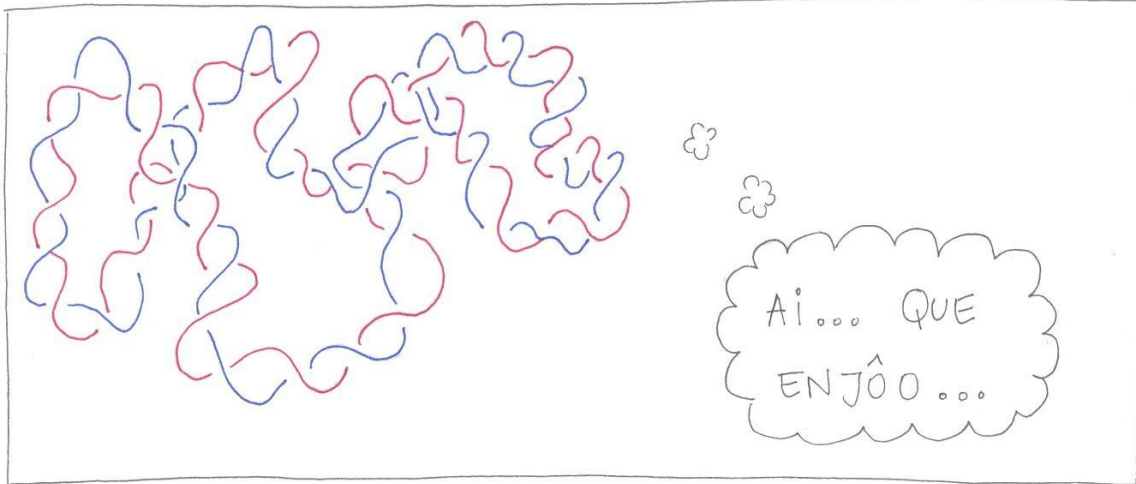
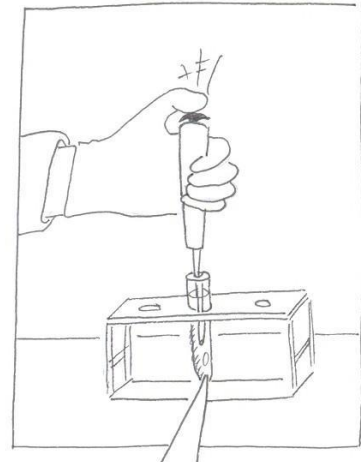
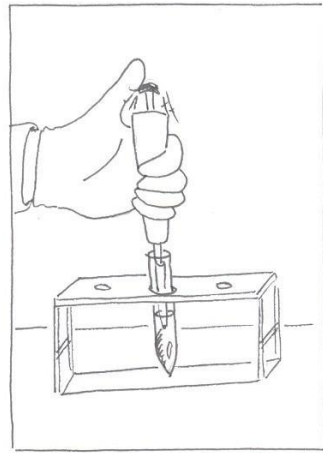
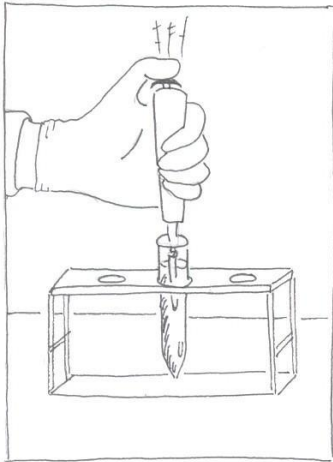
SIM... A NOSSA HORA CHEGOU!

ANTES DO FIM, QUERO AGRADECER A VOCÊ PELA CALOROSA HOSPITALIDADE

FOI UM PRAZER, β -GALO. BOA SORTE NA SUA MISSÃO...

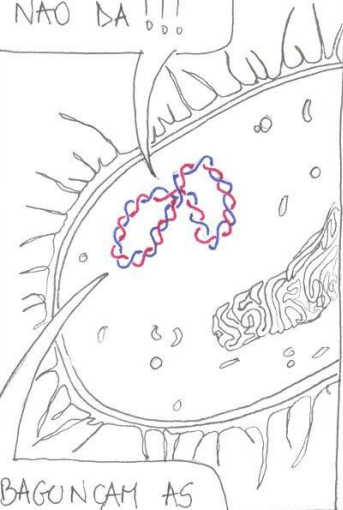




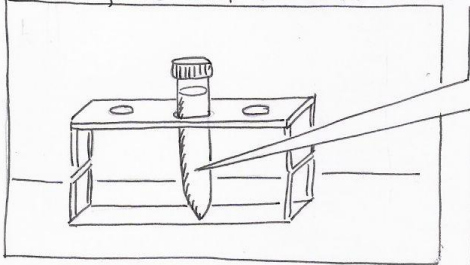


Ei!!! ASSIM
NÃO DÁ!!!

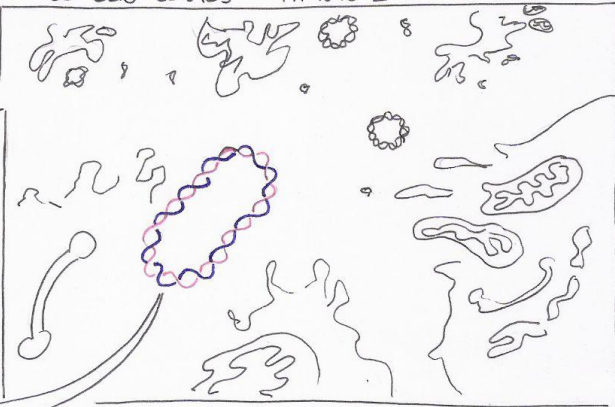
SÓ BAGUNÇAM AS
MINHAS HÉLICES



Incubação à temp. ambiente (5min)



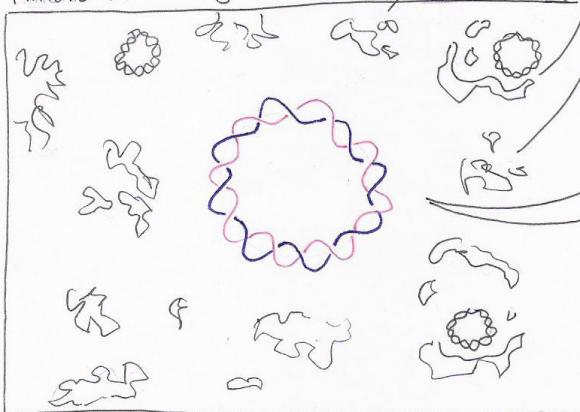
lise das células - minuto 1



ADEUS, HISTERICHTIA...
SEM VOCÊ A CIÊNCIA NÃO
CHEGARIA A LUGAR ALGUM!

Restos florais das HISTERIHTIAS.

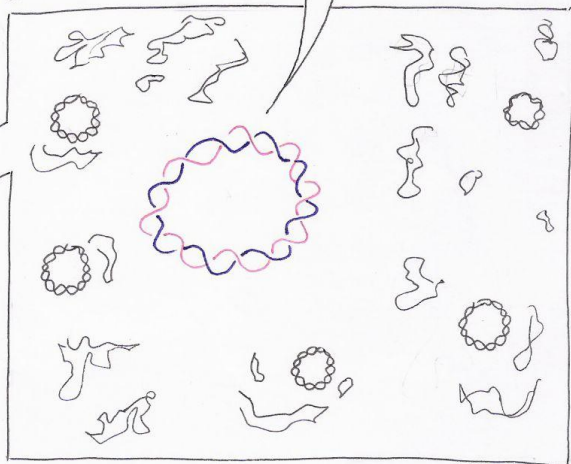
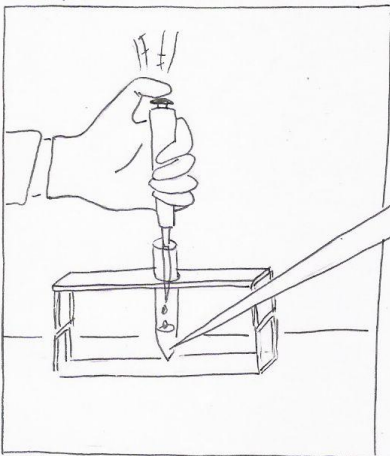
Minuto 4 + 59 segundos



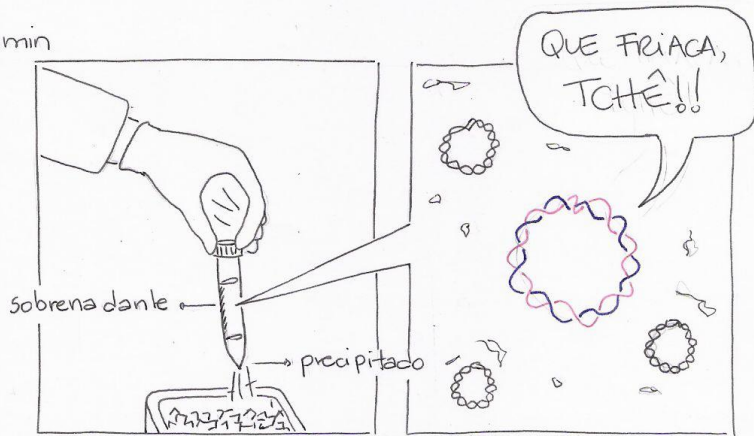
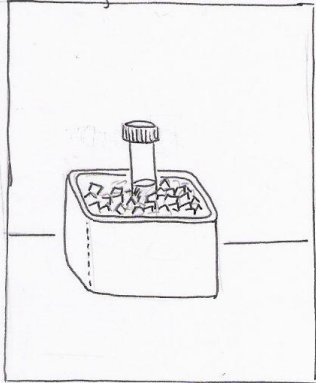
MAIS UM POUCO E
MINHAS HÉLICES NÃO
VÃO AGUENTAR MAIS

UFA! JÁ IA
SOBRANDO PRA MIM...

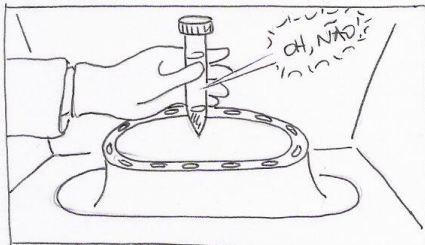
Tampão 3: Acetato de Potássio Acidificado



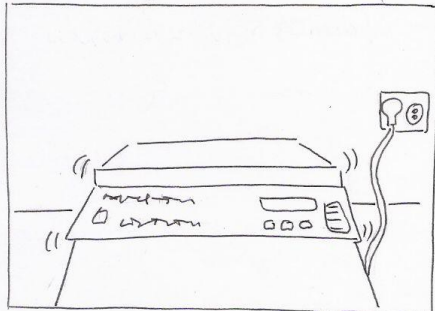
Incubação no gelo - 15 a 20 min



⇒ Enquanto isso...



1º 20,000xg, 4°C, 30 min
2º 20,000xg, 4°C, 15 min

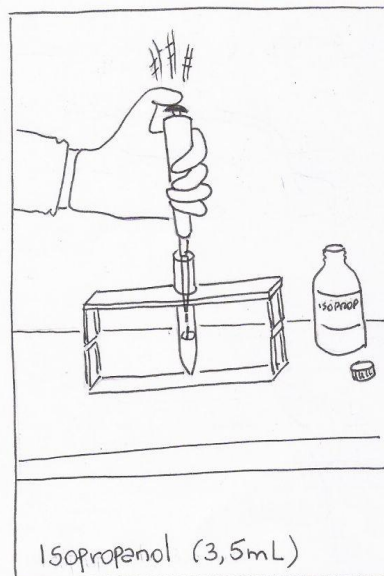




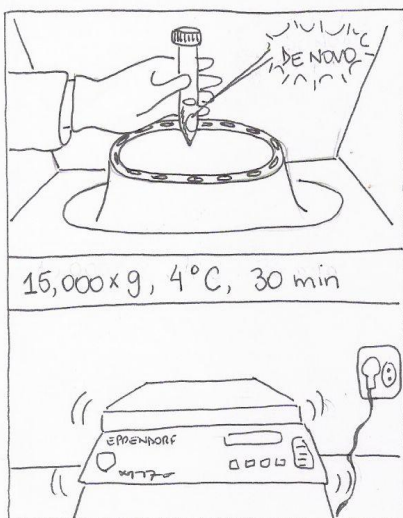
Tampão 5: QC: NaCl + Acetato de Sódio (2x 10mL)

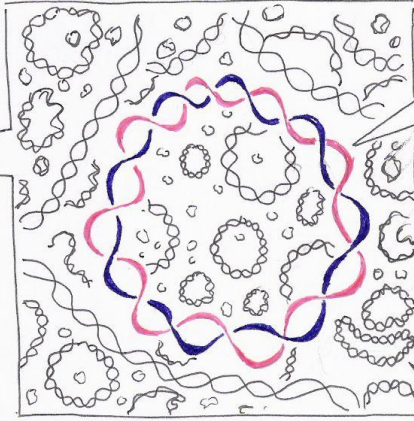
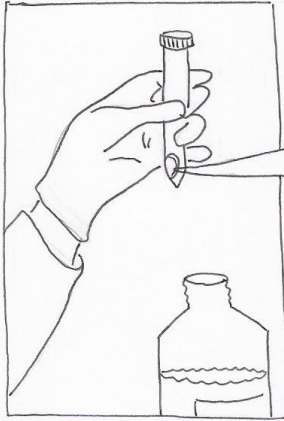


Tampão 6: QF: NaCl + Tris-HCl (5mL)



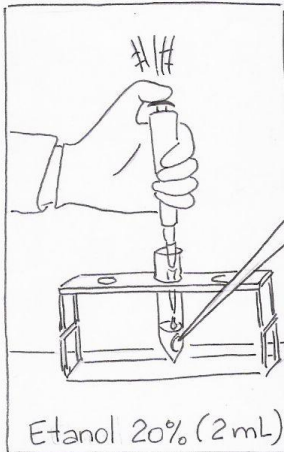
ISOPROPANOL (3,5mL)





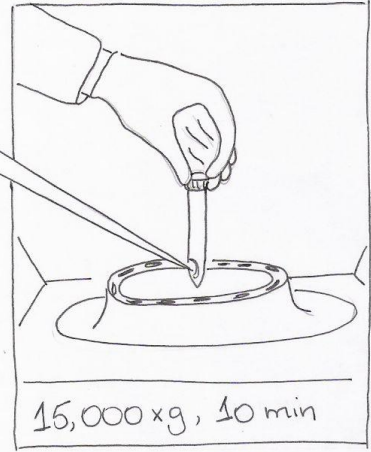
É, LIVRE... MAS
MEIO APERTADO
AQUI NO MEIO DOS
COMPANHEIROS

CHEGA PRA LÁ, PÔ!
NÃO DÁ, HEU!
NÃO DÁ, HEU!



Etanol 20% (2 mL)

HMMM! ETANOL!!
ISSO É BOM...
ÔH, ÔH, MAS NÃO
NA CENTRÍFUGA!!!

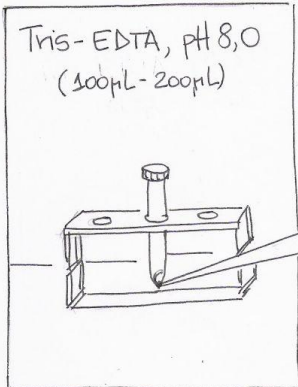


15,000 xg, 10 min

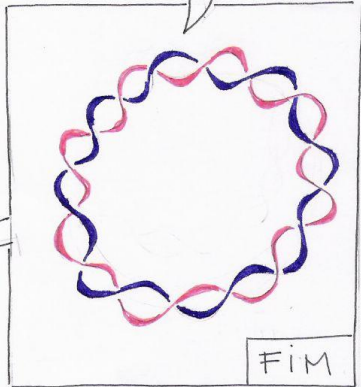


ACHO QUE ESTOU
MEIO "ALTO"...
E DESIDRATADO!

AGORA, SIM!!
ESTOU PRONTO
PARA TRANSFECTAR!



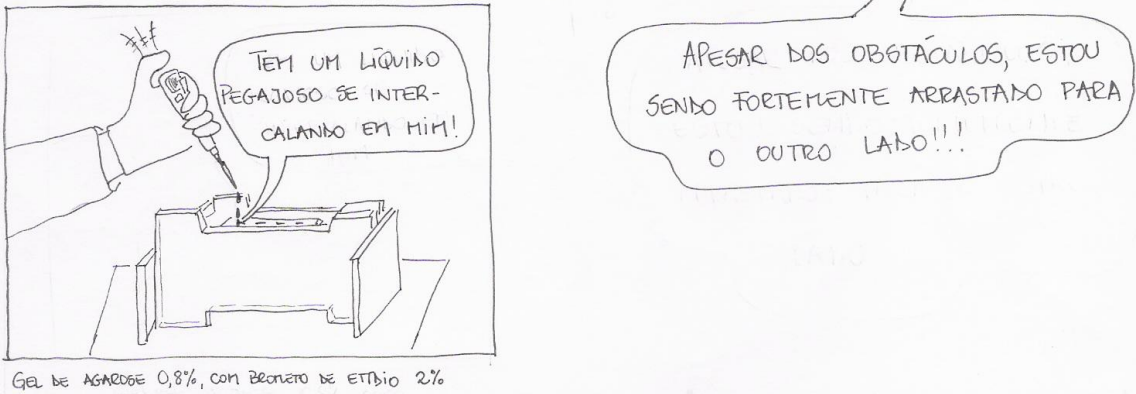
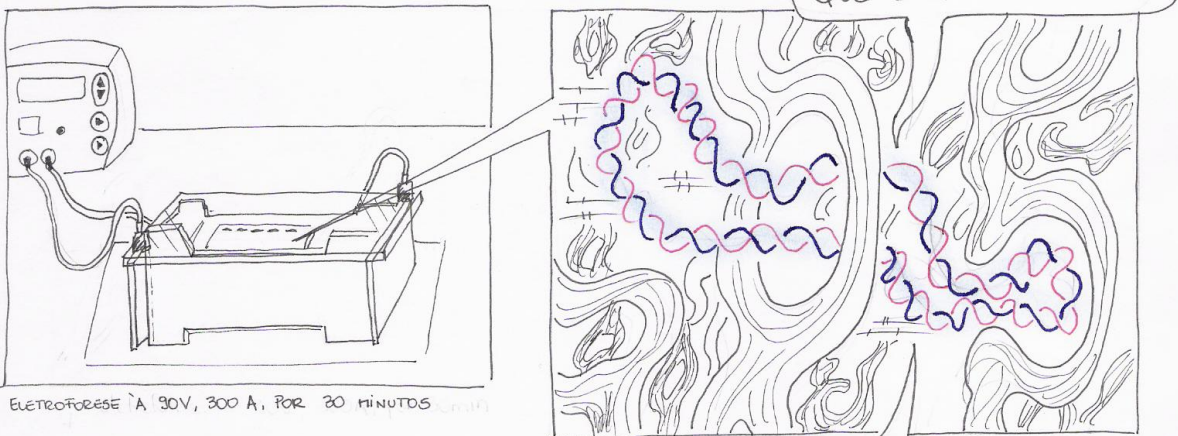
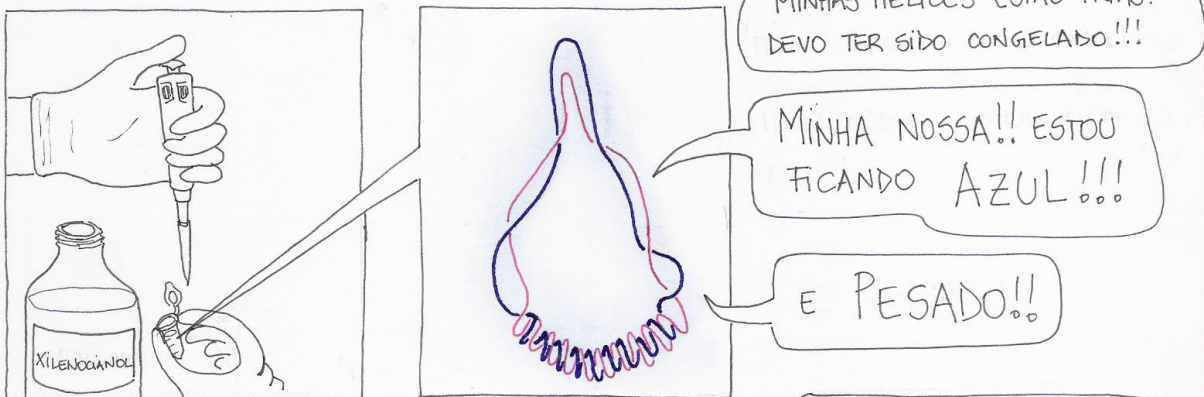
Tris-EDTA, pH 8,0
(100µL-200µL)



FIM

PURIFICAÇÃO PARA TRANSFORMAÇÃO DE REALIDADES

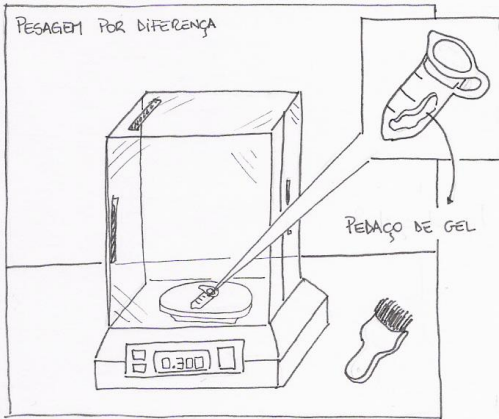
NO ÚLTIMO CAPÍTULO, O PLASMÍDEO β -GALO BRAVAMENTE PASSOU PELO PROCESSO DE EXTRAÇÃO, CONSEGUINDO ASSIM ASSEGURAR SUA LIBERTAÇÃO. CONTUDO, MAL SABIA ELE QUE MAIS OBSTÁCULOS AINDA ESTAVAM POR VIR: O TUBO EM QUE PASSOU A HABITAR FOI LEVADO DIRETO AO CONGELADOR...



GEL DE AGAROSE 0,8%, com brometo de etídio 2%

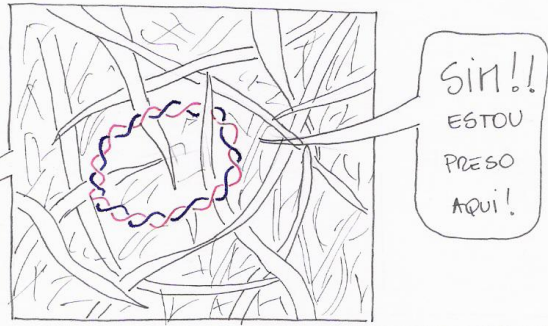


VISUALIZAÇÃO COM LUZ ULTRAVIOLETA

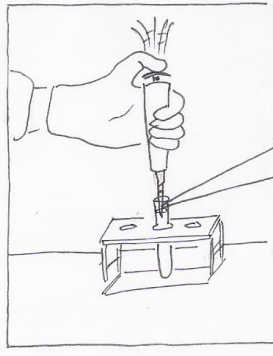
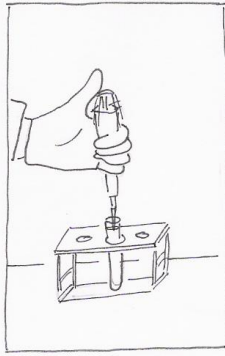
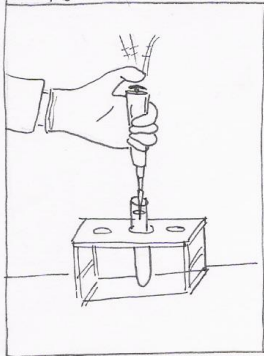


↳ 4µL DE TAMPÃO POR 1µg DO GEL





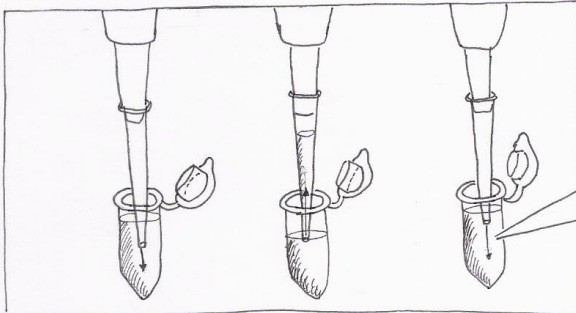
1mg de pDNA com 50µL de meio de cultura (SEM SORO)



ÍHH... PIOROU... AGORA ESTOU FICANDO ROSA



↳ MISTURA DE β-GALO COM MEIO DE CULTURA

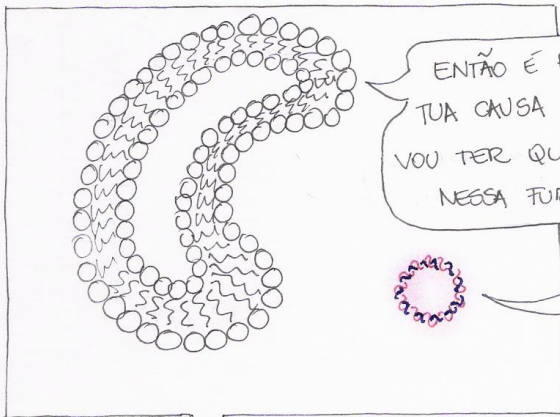


↳ MISTURA DO LÍPSSOMO LÍPOHÓVEL COM MEIO DE CULTURA (4µL DE LIPOFECTAMINA 2000 EM 50µL DE MEIO DE CULTIVO CELULAR SEM SORO, 5 MINUTOS À TEMPERATURA AMBIENTE).



ISSO NÃO É VIDA...

CARREGAR QUEM EU NÃO CONHEÇO, PARA ONDE NUNCA FUI, PARA FAZER SEI LÁ O QUÊ!!!



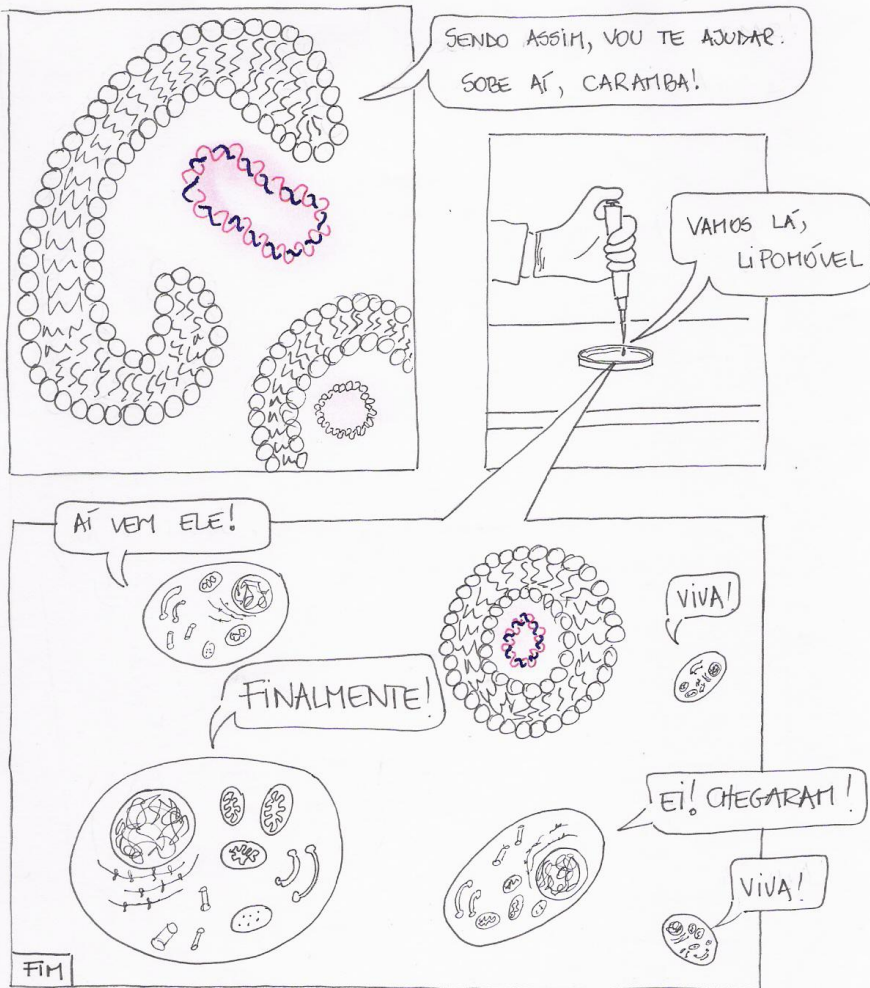
ENTÃO É POR TUA CRIUSA QUE VOU TER QUE ENTRAR NESSA FURADA...



NÃO. NÃO É POR MIN! É PELAS CÉLULAS GM1. ELAS ESTÃO À BEIRA DA MORTE E EU TENHO O CÓDIGO DA CURA!



INCUBAÇÃO POR 20 MINUTOS



↳ INCUBAÇÃO EM ESTufa, A 37°C, com 5% de CO₂, POR 29 HORAS.
(O MEIO DE TRANSFEÇÃO SEM SORO É TROCADO POR MEIO
DE CULTURA COM SORO APÓS 5 HORAS).