



# Etnomatemática de uma Classe Profissional: cirurgiões cardiovasculares<sup>12</sup>

Tod L. Shockey<sup>3</sup>

*Tradução: Chateaubriand Nunes Amâncio<sup>4</sup>*

## 1. Introdução

Quando D'Ambrosio (1985) apresentou a Etnomatemática, ele incluiu em sua definição as classes profissionais. Claramente ausentes das pesquisas etnomatemáticas, são estudos que investigam ocupações com graus avançados de Educação Formal. A classe profissional examinada no presente estudo foi um grupo de cirurgiões cardiovasculares.

Pesquisas etnomatemáticas podem ser consideradas a partir de duas perspectivas, uma cultural e outra profissional. Este artigo considera um novo grupo, o de cirurgiões cardiovasculares, e une o trabalho de Carraher, Carraher e Schliemann (1985), com o de Saxe (1988), e com o de Milroy (1992) e Masingila (1993). Essa linha de pesquisa demonstrou como os participantes se utilizam de ferramentas; a linguagem utilizada estava impregnada de significado matemático, resolução mental de problemas e, de acordo com Milroy (1992), “o uso de experiência e intuição estavam além do cálculo empregado”. Todas estas questões são comprovadas e corroboradas por esta pesquisa com cirurgiões cardiovasculares.

## 2. Perguntas da Pesquisa

- 1) *Que Matemática esses cirurgiões costumam utilizar para conduzir procedimentos cirúrgicos relativos à quantidade, espaço e probabilidade?*
- 2) *Qual é o papel do conhecimento processual, conceitual e intuitivo matemático neste*

---

<sup>1</sup> Digitalizado por Cláudia Laus e Viviane Cristina Almada de Oliveira.

<sup>2</sup> Traduzido do original “Ethnomathematics of a Professional Class: Thoracic Cardiovascular Surgeons”, em inglês.

<sup>3</sup> Universidade de Wisconsin-Stevens Point, Departamento de Matemática e Computação. Stevens Point, WI 54481, (USA). E-mail: tshockey@uwsp.edu

<sup>4</sup> Doutorando em Educação Matemática da UNESP, Rio Claro. Agradeço o auxílio do cirurgião Dr. João Fortunato Guarnieri, referente ao vocabulário específico da área de cirurgia. Agradeço também ao Editor do Bolema por sugestões referentes à tradução em geral.

*contexto?*

No contexto da cirurgia cardiovascular, determinadas informações sobre o paciente, tais como, idade, pressão sangüínea, bloqueios de artéria, fluxo de sangue, em geral, são quantificáveis. O espaço pode ser pensado como forma, por exemplo, o formato de uma artéria, o sangue que encheu o coração ou a abertura de um tórax. A probabilidade vinha à tona imediatamente em conversas com pacientes, que perguntavam ao médico quais eram suas chances. A probabilidade era também um elemento para o cirurgião que, enquanto se decidia por opções cirúrgicas, ou de pé ao lado da mesa de operação, estava constantemente, mentalmente, avaliando cada paciente para minimizar os seus riscos. A segunda pergunta tenta entender melhor o papel de cada um desses tipos de conhecimento matemático utilizado pelos cirurgiões.

### **3. Métodos de Pesquisa**

Este foi um estudo interpretativo, que utilizou metodologias baseadas na pesquisa qualitativa sustentada por Erickson (1986). Sessenta dias foram gastos em quartos de operação e clínicas cirúrgicas, observando e interpretando a Matemática usada por esse grupo profissional. Os procedimentos cirúrgicos enfocados foram enxerto, desvio da artéria coronária (EDAC), endoarteriotomia da carótida (EAC), e redução do ventrículo esquerdo (RVE). Usando as idéias da Etnomatemática, eu estava procurando pela “Matemática desta classe profissional identificável”, tomando a definição de D'Ambrosio (1985). A procura pela Matemática deu-se através de observações, de entrevistas formais e informais, pesquisa de documentos apropriados, seguida de entrevistas, e pelo auxílio de um dos cirurgiões, que atuou como um informante para assegurar uma interpretação correta.

### **4. Afirmações**

Quatro versões breves das afirmações que foram desenvolvidas durante o estudo são apresentadas aqui. Tomadas coletivamente, estas quatro afirmações apresentam uma “fotografia” do mundo da cirurgia cardiovascular. Estas afirmações são apresentadas primeiro para permitir ao leitor desenvolver uma idéia prévia desta classe profissional, endereçada às perguntas específicas da pesquisa.

#### **4.1 Afirmação Um**

*Estes cirurgiões cardiovasculares contam com diversos valores calculados e medidas para fornecer informações sobre aspectos de quantidade, espaço e probabilidade, relacionados a funções cardíacas, mas eles não desenvolvem processos algoritmos em Matemática.*

Estes cirurgiões lidam com uma diversidade grande de medidas, que variam de medidas básicas, como idade do paciente, peso, altura e pressão sanguínea, até cálculos mais sofisticados, executados pela tecnologia médica, que incluem fração de injeção, produção cardíaca, pressões sistólicas e diastólicas, taxa cardíaca, e muito mais. Estes cirurgiões lidam com quantidade nas formas de porcentagens, relações, comprimentos e valores padronizados. Muitos cálculos matemáticos formais/processuais ocorrem para orientar as decisões cirúrgicas, mas estes cirurgiões não fazem estes cálculos. Nem na sala de operações ou na clínica cirúrgica, foi feita qualquer observação de um cirurgião calculando uma quantidade. Os especialistas treinados realizam estas tarefas sem usar papel e lápis, naturalmente, mas sim sofisticada tecnologia médica, (i.e. cateterização cardíaca, estudos de Doppler). Estes especialistas relatam as suas descobertas para o respectivo cirurgião cardiovascular. O cirurgião, então, conta com sua experiência para interpretar os dados. Em nenhuma das entrevistas feitas, o cirurgião recordou que tenha havido a necessidade de fazer um cálculo assim como relacioná-lo com a realização de seu trabalho como cirurgião, “os monitores normalmente fazem isso para você, mas se eles não estiverem funcionando, você pode fazer isso sozinho” (Cirurgião, dois meses depois do estudo, em uma entrevista). Eu não estou diminuindo o valor do conhecimento processual matemático, mas sugerindo que para estes cirurgiões isso não é relevante. Hiebert e Carpentar (1992) explicam que conhecimento conceitual e processual significa “entendimento versus habilidade” (pg. 77). A experiência dos cirurgiões guiou a forma como relacionam medidas a assuntos cirúrgicos. Nunca houve um caso em minhas observações em que monitores de cirurgia não trabalhassem, desse modo exigindo que o cirurgião fizesse um cálculo. O tempo está constantemente monitorado na sala de operações, e não existe nenhum registro de fracasso de equipamento e de utilização de calculadoras de mão. Também, cada um dos estudos pré-operatórios acontece longe do cirurgião cardiovascular, desse modo, eliminando em grande parte a necessidade de procedimentos matemáticos. O conhecimento matemático processual é “saber como”, de acordo com Clements e Battista (1992), “e saber” como

em Matemática não é um elemento considerado no dia-a-dia de cirurgias cardiovasculares. As impressões iniciais dos cirurgiões do estudo em questão eram que nenhuma Matemática seria encontrada. Suas percepções de Matemática lidavam com suas experiências de sala de aula (e.q. uma equação para desempenho cardíaco, uma equação para índice cardíaco). Para um cirurgião cardiovascular, neste grupo não existe nenhuma equação formal ou algoritmos matemáticos, que são instrumentais para seu sucesso na sala de operações.

#### 4.2 Afirmação Dois

*O “senso numérico” destes cirurgiões cardiovasculares desempenha um papel importante em suas interpretações de valores e medidas calculadas.*

O episódio seguinte, retirado de notas de campo, apreende melhor a intuição associada com o senso numérico do cirurgião.

*“Quando o médico estava segurando a aorta, conferia que o coração batia rápido e que a pressão no monitor estava errada, “completamente errada”. O tom de sua voz alertou sobre o perigo imediato para o paciente, afastei-me completamente das proximidades do procedimento, quando o médico estava pedindo mais pressão. Fisicamente senti meu coração acelerar e o peito inchar, isso não me soou bem em relação a este paciente. ‘Eu sei que os rapazes estão lendo sua pressão como uma por quarenta, [o médico estava olhando para o monitor cirúrgico], eu estou dizendo para você que ela não está próxima disto, ‘dê-me alguma pressão’. Imediatamente, o anestesista foi instruído para olhar para o rosto do paciente, “ele está bem”. Agora, a enfermeira passou a ter um papel ativo na cirurgia, à medida que o médico se afastou da mesa de operação, retirou a camada externa de suas luvas, pediu uma lanterna e colocou a sua cabeça debaixo das cortinas cirúrgicas para inspecionar pessoalmente o rosto do paciente. Eu estava ficando realmente ansioso e queria saber para que direção isto estava indo. O perfusionista estava reagindo àquela situação, o médico agora removeu sua roupa esterilizada, parecendo perplexo, e então a pressão do monitor havia mudado drasticamente para algo acima de “58”. Isso, durante a cirurgia, imediatamente explicou a ocorrência que o assistente e os seus companheiros simultaneamente reconheciam. Dentro de minutos, havia três anestesistas na cabeça da mesa. O médico pediu a administração de um medicamento e perguntou se o cálcio havia sido dado. O anestesista rapidamente administrou o cálcio. O paciente estava com um marca-passo neste momento. O médico pediu para que o marca-passo fosse desligado e, em seguida, esperou para ver como ficaria o batimento cardíaco do paciente. O batimento abaixou de 100 para algo superior a cinquenta, o assistente ficou satisfeito e o fechamento foi iniciado por seus companheiros.”*  
(Caderno de campo, dia 15)

Este senso numérico do cirurgião, relacionado à pressão da parede aórtica, permitiu a ele a detecção da inconsistência entre o escutado, o que foi lido no monitor e o que ele estava sentindo em suas pontas dos dedos. Este momento intuitivo foi o auge da experiência que permitiu a este cirurgião entender a pressão através de seu toque. Este cirurgião adquiriu este senso numérico através de suas experiências cirúrgicas, aproximadamente 1000 casos cirúrgicos anualmente nos últimos quinze anos. Booker (1996) explica que o conhecimento intuitivo é "construído através de e relacionado a experiências anteriores do dia-a-dia" (pg. 387). Conceitualmente, este cirurgião entendeu que o monitor estava incorreto porque ele sabia como é uma pressão de um por quarenta nas pontas dos dedos, e esta aorta não estava apresentando nível próximo de seu toque. A leitura do monitor estava mostrando um valor de pressão calculada, realizada por um equipamento médico. O entendimento do cirurgião da irracionalidade deste valor de pressão é um elemento de senso numérico, como definido por Howden (1989), que declara que ter senso numérico é ser capaz de julgar a "racionalidade de resultados computacionais" (pg. 7). Kastner (1989) afirma que alguém que tem senso numérico tem a "habilidade e a confiança para decidir se um resultado numérico é razoável" (pg. 40).

Os números relacionados à condição cardíaca de um paciente são a base para as discussões dos cirurgiões de casos específicos. Quando estudos são feitos em um paciente, um conjunto de informações de valores é construído. Estes valores e o respectivo senso numérico do cirurgião começam o processo de decisão do cirurgião. Thorton e Tucker (1989) explicam que o senso numérico é desenvolvido "através de experiências realistas" (pg. 19). Estas experiências realistas dos cirurgiões permitem que eles entendam significados numéricos desatrelados de unidades, desenvolver uma intuição ou um sentimento de estimativa, que dá a eles uma confiança para fazer escolhas. O senso numérico do cirurgião determinará o próximo passo que é: (1) cirurgia, (2) nenhuma cirurgia ou (3) espere e veja.

### **4.3 Afirmação Três**

*O conhecimento matemático conceitual desses cirurgiões cardiovasculares é encontrado em seus variados níveis de entendimento matemático, fórmulas e medidas associadas às funções do coração humano.*

A partir de observações, esses cirurgiões entendem que um paciente que irá se submeter a uma cirurgia cardiovascular muito provavelmente sofre de bloqueio de vaso sanguíneo. Os bloqueios são representados através de porcentagens, e as porcentagens são os focos para esses cirurgiões. “Por exemplo, um bloqueio de cinquenta por cento, relatado por um estudo de Doppler em duas dimensões, é equivalente a um bloqueio de oitenta por cento em três dimensões”, foi uma frase dita a mim por um cirurgião na sala de operações. Duas dimensões refere-se a uma visão lateral do bloqueio, e três dimensões é uma visão olhando debaixo ao final do vaso sanguíneo.

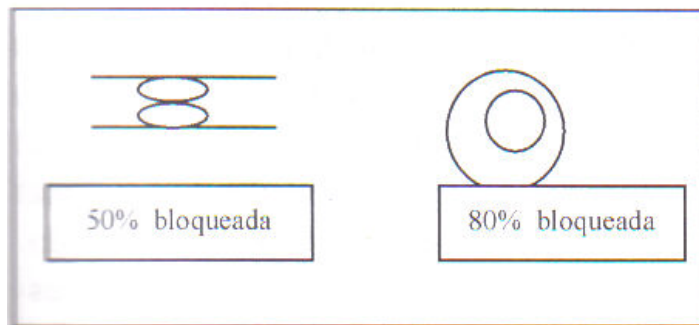


Figura 1 - Ilustração de Bloqueio Arterial Retirado na Sala de Operações

O cirurgião ilustrou este ponto com o quadro da Figura 1. O diagrama esquerdo representa a visão bidimensional de um Doppler demonstrando um bloqueio de cinquenta por cento, e se a mesma artéria fosse para ser vista do começo ao fim, o diagrama da direita, o bloqueio se equipararia a aproximadamente oitenta por cento da área entre o círculo interno e o externo. Quando o cirurgião estava descrevendo estas interpretações, ele notou que nunca possui uma visão final de uma veia, apenas a vista lateral bidimensional. Ele entendeu o conceito relativo à visão lateral e final, baseado em “pesquisa publicada”. Sua compreensão conceitual da relação entre raio e bloqueio é tal que não há necessidade de reconceitualizar essa relação na transversal da área seccionada. Discutindo o significado de estenose<sup>5</sup> em uma artéria coronária, Blackburne (1997) afirma que “50% de redução em diâmetro (i.e. 75% de redução em área transversal seccionada)” (pg. 694).

Matematicamente existe uma mudança na área; um bloqueio de cinquenta por

<sup>5</sup> *Estenose* [Do gr. *sténosis*.] *S. f. Patol. 1. Estreitamento de qualquer canal ou orifício.* (LACERDA, C.; GEIGER, P. (Eds.). *Dicionário Aurélio Eletrônico – V. 2.0.* São Paulo: Nova Fronteira, 1996). [Nota do Tradutor].

cento diminui o raio para metade. Usando a fórmula para a área de um círculo  $A = \pi r^2$ , se há diminuição do raio para metade do valor original, então a nova área será um quarto da área original ou setenta e cinco por cento ou, aproximadamente, ocorre diminuição de “oitenta por cento”. Minha interpretação dessa mudança da área se baseia na matemática processual; enquanto a destes cirurgiões enfatizou a compreensão conceitual.

Outra corroboração da afirmação três estava baseada na compreensão conceitual dos cirurgiões do coração humano e nas suas recordações de conceitos subjacentes, matematicamente relacionados ao coração humano. Os dados compilados para sustentar a afirmação três tiveram muitas “meias-palavras” dos cirurgiões, distinguindo esta informação para ser o ponto focal de minha pesquisa (i.e. expelindo fórmulas). Durante todo o estudo, eu percebi esta compreensão dos cirurgiões sobre o meu trabalho como sendo uma procura por equações matemáticas, e Matemática formal típica de sala de aula. Subjacente à habilidade deles para recordar algoritmos matemáticos formais, estava a compreensão conceitual de tópicos como o efeito de Doppler, e que significado este efeito tinha para os pacientes cardiovasculares. Consumo de oxigênio, tensão de parede, lei de Starling e outros tópicos investigados demonstram (1) a falta de precisão nos cálculos, e (2) o quanto é valiosa a compreensão conceitual de tópicos matemáticos para esses cirurgiões. Esta afirmação deles reforça a rejeição do comentário inicial de “que nós não usamos Matemática”. Existe tanta Matemática sendo usada e uma rica compreensão conceitual, que levou o presente estudo a reconhecer um elemento etnomatemático nos referidos cirurgiões.

#### 4.4 Afirmação Quatro

*A Geometria cirúrgica é o aspecto mais crítico desta Etnomatemática dos cirurgiões cardiovasculares.*

“A Geometria cirúrgica” é uma linguagem do cirurgião para resumir o procedimento cirúrgico de criar uma anastomose<sup>6</sup>. “Nós queremos criar isto [a anastomose] e, então, acontecem três coisas: uma, não vaza, duas, permanece aberta, e três, sua formação criará um capuz”. O final da veia sendo costurado em uma artéria

<sup>6</sup> *Anastomose* [Do lat. *anastomose*.] S. f. *Anat. e Cir. 1. Comunicação material ou artificial, entre dois vasos sanguíneos ou outras formações tubulares.* (LACERDA, C.; GEIGER, P. (Eds.). *Dicionário Aurélio Eletrônico* – V. 2.0. São Paulo: Nova Fronteira, 1996). [Nota do Tradutor].

tem que ser “mais ou menos um e uma e meia a duas vezes maior do que a artéria.” O cirurgião continuou -“comprimento, largura e diâmetro são medidos com nossos olhos, então nós pomos os pontos para criar aquela aparência”. (Cirurgião, entrevista por telefone, dia 8) Esse é um elemento chave da cirurgia cardiovascular, “isso é a coisa inteira aqui”. A definição inicial de Geometria cirúrgica era restrita à artéria coronária desviada por anastomose, uma anastomose final-com-lateral, veja Figura 2, mas veio a incluir também anastomose final-com-final e a re-modelação do ventrículo esquerdo durante a cirurgia de redução do ventrículo esquerdo.

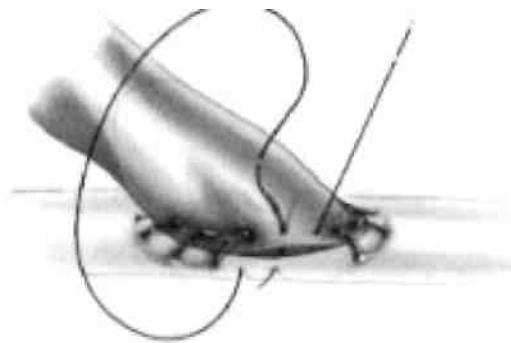


Figura 2 Anastomose Final com Lateral (Khonsari e Livermore, 1988, pg. 125)

A criação na anastomose é prioridade enquanto relações de espaço que desempenham um papel vital na Geometria cirúrgica. As relações de espaço tornaram-se aparentes enquanto eu fui inserido numa abertura de EAC<sup>7</sup>, a redução do ventrículo esquerdo, estimativas dos cirurgiões, com seus olhos, de dimensões de veias, e do sangue acumulado no coração para medir o ED AC<sup>8</sup> desviando a veia.

Considerando a redução do ventrículo esquerdo, o procedimento da lei de Laplace foi semelhante no processo cirúrgico, e as declarações desses cirurgiões deixam muitas perguntas sem respostas. Três versões da lei foram apresentadas para mim, mas durante o procedimento real nenhuma tensão de parede era medida. O cirurgião não estava pensando sobre redução de raio, ele estava tentando alcançar um consenso com seus colegas de “quanto mais parede extirpar”. Intuitivamente, eles sabiam que o

<sup>7</sup> Endoarteriotomia da carótida.

<sup>8</sup> Enxerto desvio da artéria coronária.



diâmetro seria reduzido, mas eles sabiam também que algo diferente teve que ser feito para este paciente. A redução do ventrículo esquerdo, executada regularmente por esses cirurgiões, introduz muitos novos elementos para consideração em Geometria cirúrgica. As habilidades matemáticas processuais e conceituais não são o ponto focal de importância na sala de operação. Criar uma excelente Geometria cirúrgica é prioritário.

### **5. Resumo das Afirmações**

Estas afirmações e suas discussões breves descrevem um rico corpo de conhecimento etnomatemático desses cirurgiões cardiovasculares. Estes apontamentos não diminuem a importância do conhecimento matemático processual, mas coloca uma compreensão matemática conceitual na vanguarda. Esses cirurgiões são peritos em comunicar quantidades, conectando experiências passadas em sala de aula com o campo cirúrgico, e resolvendo problemas que têm resultados de vida e morte. Comunicação, raciocínio, resolução de problemas e conexões são elementos importantes em uma sala de aula de Matemática. Estas afirmações e garantias demonstram o quão decisivos esses elementos são no “mundo real”.

Descrevendo a Teoria da Relatividade de Einstein, Shlain (1991) declara que "a teoria não diz que tudo é relativo, mas que muito das percepções do mundo são observador-dependente" (pg. 132). Este estudo é observador-dependente do período de tempo que permitiu a observação. Os assistentes cirúrgicos começaram a re-pensar a Educação de residência cirúrgica, particularmente depois de perceberem que existiam significados matemáticos acontecendo, que aparentemente não eram escolares ou de livro de ensino. Eu quantifiquei a colocação de sutura sobre uma anastomose final-para-lateral durante uma das entrevistas, e naquele ponto este cirurgião individualmente começou a reconhecer imediatamente que a Matemática existe. Esta pesquisa abriu avenidas para os conhecimentos etnomatemáticos, particularmente em grupos profissionais.

### **6. Perguntas da Pesquisa**

*1) Que Matemática estes cirurgiões costumam fazer para conduzir procedimentos cirúrgicos relativos à quantidade, espaço, e probabilidade?*

Muitos dos dados que eu precisava para lidar com a noção de chance eram confidenciais e, conseqüentemente, a pergunta da pesquisa ficou restrita à quantidade e

ao espaço. O uso da Matemática pelos cirurgiões estava principalmente conectado à medida de quantidades e de espaço. A Matemática não era usada no sentido tradicional.

A Matemática usada de forma subjacente era principalmente Aritmética, Álgebra e Geometria Euclidiana. A Aritmética e a Álgebra são encontradas nas fórmulas para calcular fração de injeção, produção cardíaca, área de superfície de corpos e em outras discussões de valores. Os cálculos que precisam dessas fórmulas não eram feitos pelos cirurgiões, mas, sim, pela sofisticada tecnologia médica operada por técnicos médicos.

Os assuntos de Geometria para esses cirurgiões eram freqüentemente tridimensionais. As medidas eram às vezes lineares, comprimento, por exemplo, de uma veia safena para um desvio, mas em muitas situações as medidas eram de formas irregulares. As formas irregulares incluíam a superfície de sangue para encher o coração, a forma do ventrículo esquerdo, e as dimensões elípticas da incisão na parede do ventrículo, durante o procedimento de RVE. Anastomose tratava de vasos sanguíneos tridimensionais, re-formatando finais circulares desses vasos, visando à suturação, e suturas equi-espaçadas sobre a circunferência desses vasos terminais, que requeriam considerações de espessura de vasos para que as suturas pudessem se prender.

As medições feitas pelos cirurgiões eram freqüentemente através do “olho”. A estimativa de comprimento e forma é crucial na sala de operações. Embora régua estivessem disponíveis, por exemplo, quando a incisão da parede do ventrículo era medida, em geral os cirurgiões mediam com seus olhos. Essas medidas visuais incluíam dimensão de vasos, comprimento de incisão, colocação de sutura, e criação de um formato apropriadamente anatômico do capuz.

O nível de precisão para valores numéricos dependia do “estudo” para produzir valores. A amostra de sangue arterial tinha valores calculados em milésimos, enquanto os relatórios ecocardiográficos têm valores calculados em décimos. Relatórios de Doppler apresentam valores associados com velocidade de sangue como também extensão do bloqueio de vaso sanguíneo. Estes valores e outros mencionados são pontos focais para discussões no meio cirúrgico, e estas unidades de medida são freqüentemente desconsideradas nessas conversas. Os cirurgiões demonstraram vários modos idiossincráticos de representar e comunicar idéias matemáticas. Por exemplo, eles se referiram a um bloqueio de 50% do raio de um vaso como “50% de bloqueio”,

mas pensariam normalmente sobre ele como 75% bloqueado, em termos de área. Eles também usavam palavras do cotidiano para expressar significado matemático em contextos específicos, como “tensão”, para denotar 80% de bloqueio de uma artéria carótida. Às vezes, eles criavam suas próprias palavras, como “encaixotado”, para dizer que uns pacientes “estavam na caixa, ou próximos de valores aceitáveis”. Os parágrafos anteriores realçam a importância que algumas das quantidades numéricas têm para esses cirurgiões, que as utilizam para iniciar suas decisões de escolha de processos. Um modelo matemático formal dos processos de decisão não existe, mas quantidade é um componente vital para se fazer escolhas. Um problema cirúrgico incorretamente resolvido tem conseqüências que poderão ser terríveis. Conseqüentemente, esses cirurgiões precisam fazer conexões entre fórmulas matemáticas, alcance de valores calculados e racionalidade de valores, e que então tragam esses elementos junto com outros assuntos, que incluem intuição e emoções, para tomar uma decisão cirúrgica que seja a melhor para cada paciente.

A resposta a esta pergunta não mostra o quadro completo. Esta resposta, assim como a resposta da segunda questão, precisam ser consideradas juntas para ganhar uma visão nítida do comportamento matemático desse grupo de cirurgiões cardiovasculares.

*2) Quais são os papéis do conhecimento processual, conceitual e intuitivo matemático neste contexto?*

Esses cirurgiões possuem conhecimento matemático processual adequado, como foi demonstrado em suas memórias de fórmulas relacionadas ao coração, mas eles não têm uma necessidade de utilizar esse conhecimento matemático em suas rotinas diárias. Esse estudo coloca o conhecimento matemático processual em uma nova perspectiva. Este estudo não diminui o papel do conhecimento matemático processual, mas demonstra a importância do conhecimento matemático conceitual para esses cirurgiões cardiovasculares. Esse conhecimento matemático conceitual subjacente dos cirurgiões o guia durante a cirurgia (enquanto interpretação de quantidades numéricas) e é um elemento importante em seu processo de decisão-criação.

O senso numérico e a compreensão do contexto dos valores numéricos permitiram a esses cirurgiões interpretar e julgar a racionalidade de valores, sem estar presos a unidades de medidas. A estimativa e a medição com “o olho” eram elementos

matemáticos cruciais, narrados e observados nas cirurgias. A combinação do senso numérico e de conhecimentos matemáticos conceituais cria um nível de compreensão nesses cirurgiões, que precisam estabelecer sentido numérico de quantidades derivadas do pré-operatório e do intra-operatório, que, por sua vez, cria um quadro completo para cada paciente e seu potencial preciso para a cirurgia.

A riqueza de detalhes exibida por estes cirurgiões, relacionando o aprendizado de sala de aula com a sua habilidade cotidiana de lidar com a “dinâmica humana”, associada a quantidades fisiológicas do coração humano, demonstram sua habilidade em fazer conexões através de seus entendimentos da Matemática conceitual. Diariamente, interações com especialistas médicos, outros clínicos e cirurgiões exigem que esses cirurgiões cardiovasculares entendam conceitualmente a Matemática subjacente a testes apropriados e procedimentos.

Durante o tempo em que estive checando as informações com os participantes da pesquisa, um dos cirurgiões começou a questionar a sua intuição quando ele colocou estas perguntas para serem pensadas:

- (1) “Como nós chegamos ao ponto de poder fazer isto?” [“Isto” se refere ao “uso subconsciente de quantificações.”]
- (2) “O que nós deveríamos dizer aos nossos “orientandos” sobre o que fazemos?” [Como o cirurgião “pode ensinar” senso numérico e/ou quantificação quando ele recorrer à cirurgia cardiovascular?]
- (3) “Que tal a primeira parte de nossa Educação?” [Com respeito ao saber sobre quantidades, i.e. senso numérico desenvolvido para cirurgia.]
- (4) “Mais Matemática...mais estatísticas...mais entendimento do material quantitativo?”

A primeira pergunta destaca a intuição desses cirurgiões, tanto matemática quanto cirurgicamente. A segunda pergunta é resultado natural da primeira questão, exigindo uma reflexão sobre as experiências acadêmicas passadas, e o que pode ser apropriado para se chegar àqueles níveis que apresentavam esses cirurgiões. Estas perguntas amarram juntas a preparação acadêmica dos cirurgiões, que direcionada para o conhecimento conceitual, pode, em última instância, se tornar intuitiva.

## **7. Implicações**

### **7.1 Educação de Matemática**

Diariamente, o uso de Matemática por esses cirurgiões não estava baseado em conhecimento matemático processual, mas em sua compreensão conceitual de Matemática, relacionada a este contexto. A rica compreensão de Matemática conceitual desses cirurgiões é elemento de seu sucesso nessa ocupação. Eu discuto que uma valiosa compreensão conceitual da Matemática é necessária para o sucesso em qualquer ocupação que está fortemente apoiada em competência matemática. Hiebert e Lefevre (1986) afirmam que ser matematicamente competente "envolve saber conceitos, saber símbolos e procedimentos, e saber como eles são relacionados" (pg. 16). Como um caminho para relacionar conhecimento matemático conceitual e conhecimento matemático processual, Millroy (1992) afirma que "professores de Matemática deveriam fornecer contextos para que os estudantes sentissem com mais vigor e versatilidade tanto os conceitos quanto as manipulações simbólicas, que são considerada suficientes na maioria das salas de aula no momento" (pg. 189).

Janvier (1990) afirma que "a prática efetiva de muitos 'usuários' [usuários de Matemática] não é simplesmente um caso particular de um método geral aprendido na escola" (pg. 189), o que é verdade para esses cirurgiões. Como Schoenfeld (1988) assinala: "estudantes podem dominar os procedimentos formais de matemática, mas podem falhar sensivelmente ao usá-los" (pg. 86). Janvier (1990) cita o Relatório Cockroft, que sucintamente declara qual o papel da preparação acadêmica: "é importante que a fundamentação matemática, que tem sido dada em sala de aula, ocorra de tal modo que possibilite a competência em aplicações particulares para se desenvolver dentro de um tempo razoavelmente pequeno, uma vez que a situação de necessidade de emprego seja encontrada" (pg. 189). A importância do conhecimento matemático para esses cirurgiões repousa na compreensão do que significam determinados números e "de onde vêm estes números". Para esses cirurgiões cardiovasculares, o entendimento de como os números se relacionam com a anatomia e a fisiologia humana dá início à tomada de decisão sobre um dado paciente. Os estudantes devem ter oportunidades para explorar a Matemática em contextos de forma em que as soluções matemáticas tenham significado e possam ser relacionadas às declarações do problema inicial. Janvier (1990) chama a atenção para a "necessidade de se introduzir contextos na sala de aula" (pg. 190). A Matemática contextualizada desenvolverá habilidades de raciocínio nos estudantes, como é sustentado por Janvier

(1990) que declara que o "contexto desempenha um papel ativo em sustentar o raciocínio em direção à solução" (pg. 185).

Uma grande diferença entre desenvolvimento de sala de aula do senso numérico e o senso numérico desses cirurgiões cardiovasculares é que esses cirurgiões lidam com valores em lugar de valores específicos, como é feito em sala de aula. Os estudantes precisam ver que aqueles resultados matemáticos em um contexto não são sempre inteiros, nem são eles números sempre específicos. Os estudantes deviam desenvolver o senso numérico sobre aspectos razoáveis de quantidades do dia-a-dia, tais como, custo, peso e o tempo (Garofalo & Bryant, 1992).

Este estudo destacou também assuntos relacionados ao currículo de Geometria. Os estudantes deveriam ter mais experiências matemáticas, com pequenas escalas de medição (por exemplo, considerar a pequena escala com a qual um cirurgião trabalha durante a construção de uma anastomose) e experimentar mais o uso de estimativas. Os estudantes precisam experimentar mais em sala de aula aquelas atividades de lugar geométrico em contexto e, desse modo, por sua vez, proceder a mais explorações típicas de Geometria tridimensional e Geometria de formas irregulares.

Esses cirurgiões tiveram que traduzir os resultados numéricos de testes de pacientes em termos que fossem compreensíveis para o paciente. Eles deram retratos precisos para pacientes em idioma muito diferente daquele em que costumavam falar com seus companheiros. Os estudantes devem ter em sala de aula experiências que permitam que eles comuniquem resultados matemáticos de modo que revelem cuidadosamente retratos de situações contextualizadas.

## **7.2 Etnomatemática**

Etnomatemática para estes cirurgiões cardiovasculares consiste em: (1) medida de quantidades específicas, (2) caminhos para interpretar estas medidas, (3) uso destas medidas em decisão-criação, (4) medida visual para construção de anastomose, (5) entendimento de relações de espaços anatômicos, e (6) poder reformular a Geometria de um coração, que são todos idiossincráticos para esta profissão.

Grupos vistos através de uma lente etnomatemática, não importando Educação, usam ferramentas. Estas ferramentas - por exemplo, o corpo de um Oksapmin (Saxe 1991) para contar, lápis de um carpinteiro, um habitante das Ilhas Marshall e seu

“mattang”<sup>9</sup> (Ascher, 1995), ou o “eco” de um cirurgião – servem cada uma a um propósito específico em um contexto específico. Associada a cada uma dessas ferramentas está a escala.

O estudo de Millroy (1992) com carpinteiros da África do Sul destaca como as medidas eram freqüentemente feitas com uma tábua áspera, que tinha dois arranhões para denotar um comprimento medido por um carpinteiro. Em sua discussão da Matemática desses carpinteiros, os elementos geométricos importantes sobem para a superfície quando ela descreve diariamente rotinas de carpinteiros usando a linguagem da Matemática. Millroy enfatiza a compreensão intuitiva dos carpinteiros de diagonais que bifurcam dentro de um retângulo, e eles criam padrões simétricos de trabalho em madeira, todos sem usar Matemática tradicional. Masingila (1993) fornece descoberta semelhante em seu estudo das camadas de tapete e do contexto em que eles trabalham. As camadas de tapete devem prestar atenção à direção do pêlo, localização de portas e armários, e o acoplamento de coberturas de chãos diferentes quando estas se abrem. As camadas de tapete usam fita métrica e convertem unidades de pés para as unidades de jardas. Esses cirurgiões cardiovasculares usam instrumentos cirúrgicos precisos para estimativa dentro de diâmetros de vasos sanguíneos, e contam com tecnologias médicas para fornecer exatidão, precisão, valores tecnologicamente computados, associados com quantidade e espaço que eles relacionam ao coração humano. A precisão de medida e uso de tecnologia no contexto da cirurgia cardiovascular é dramaticamente diferente das pesquisas de Millroy (1992) e Masingila (1993). A apresentação da cirurgia cardiovascular para o corpo de conhecimento etnomatemático introduz o papel da tecnologia para este grupo, uma descoberta anteriormente não apresentada na Etnomatemática.

O estudo das camadas de tapete de Masingila (1993) permitiu uma margem de duas polegadas de erro de tapete nas extremidades, bastante se comparado com a cirurgia cardiovascular que trabalha dentro de milímetros. A balança de medida usada por esses cirurgiões está em total contraste com a escala de medida do nativo das Ilhas Marshall, que usa “mattang” para navegação no oceano. O estudo de Saxe (1991) do uso do Oksapmin de seu corpo para contar demonstra unidades inteiras como sua

---

<sup>9</sup> Um tipo de bússola utilizada na navegação pelos nativos polinésios. Veja mais em <http://www.edunetconnect.com/cat/timemachine/mattang.html>. [Nota do Tradutor].

escala. Esses pontos de comparação servem para o reconhecimento de que escalas de medida de grupos diferentes são suas ferramentas particulares. Caminhando ao longo da Etnomatemática e examinando uns estudantes na sala de aula de Matemática tradicional, são freqüentes as perguntas sobre estimativa mais próxima de meia-polegada ou centímetro, novamente um contraste com a cirurgia cardiovascular.

## 8. Conclusão

Este estudo avançou no conhecimento etnomatemático, introduzindo a Etnomatemática de uma classe profissional. Como sugere a definição de D'Ambrosio em 1985, este estudo finalmente confirma que a pesquisa etnomatemática de classes profissionais é apropriada.

## Referências

ASCHER, M. Models and maps from the Marshall Islands: A case in ethnomathematics. **Historia Mathematica** 22, 347-370, 1995.

BLACKBOURNE, L. H., & FLEISCHER, K. J. **Advanced surgical recall**. Baltimore: Williams & Wilkins, 1997.

CLEMENTS, D. H., & BATTISTA, M. T. Geometry and spatial reasoning. In: GROUWS, D. A. (Ed.). **Handbook of research on mathematics teaching and learning** (pp. 420-464). New York: Simon & Schuster Macmillan, 1992.

D'AMBROSIO, U. Ethnomathematics and its place in the history and pedagogy of mathematics. **For the Learning of Mathematics--An International Journal of Mathematics Education**, 5(1), 44-48, 1985.

ERICKSON, F. Qualitative methods in research on teaching. In M.C. Wittrock (Ed.), **Handbook of research on teaching: A project of the American educational research association** (third ed., pp. 119-161). New York: Simon & Schuster Macmillan, 1986.

GAROFALO, J. & BRYANT, J. Assessing reasonableness: Some observations and suggestions. **Arithmetic Teacher**, 40(4), 210-212, 1992.

HIEBERT, J. & CARPENTER, T. P. Learning and teaching with understanding. In D. A. Grouws (Ed.), **Handbook of research on mathematics teaching and learning** (pp. 65-100). New York: Simon & Schuster Macmillan, 1992.

HIEBERT, J. & LEFEVRE, P. Conceptual and procedural knowledge in mathematics: An introductory analysis. In: HIEBER, J. (Ed.). **Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics** (pp. 1-28). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1986.

HOPE, J. Promoting number sense in school. **Arithmetic Teacher**, 36(6), 12-17, 1989.

HOWDEN, H. Teaching number sense. **Arithmetic Teacher**, 36(6), 6-11, 1989.



JANVIER, C. Contextualization and mathematics for all. In T. Cooney (Ed.), **Teaching and learning mathematics in the 1990s** (pp. 183-193). Reston, National Council of Teachers of Mathematics, 1990.

KASTNER, B. Number sense: The role of measurement applications. **Arithmetic Teacher**, 36(6), 40-46, 1989.

KHONSARI, S. & LIVERMORE, J. **Cardiac surgery: Safeguards and pitfalls in operative techniques**. Rockville: Aspen Publishers, Inc, 1988.

MASINGILA, J. O. **Comparing in-school and out-of-school mathematics practice** (Speeches/Conference Papers). Atlanta, GA: American Educational Research Association, 1993.

MASINGILA, J. O. Learning from mathematics practice in out-of-school situations. **For the Learning of Mathematics**, 13(2), 18-22, 1993.

MILLROY, W. L. **An ethnographic study of the mathematical ideas of a group of carpenters**. Reston: National Council of Teachers of Mathematics, 1992.

NATIONAL Council of Teachers of Mathematics. Curriculum and evaluation standards for school mathematics. **Reston**, VA. NCTM, 1989.

SAXE, G. B. **Culture and cognitive development: Studies in mathematical understanding**. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1991.

SCHOENFELD, A.H. Problem solving in context(s). In R.I. Charles & E.A. Silver (Eds.), **The teaching and assessing of mathematical problem solving** (pp. 82-92). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1988.

SHLAIN, L. **Art & physics: Parallel visions in space, time & light**. New York: William Morrow, 1991.

THORTON, C. A. & TUCKER, S. C. Lesson planning: The key to developing number sense. **Arithmetic Teacher**, 36(6), 18-21, 1989.