

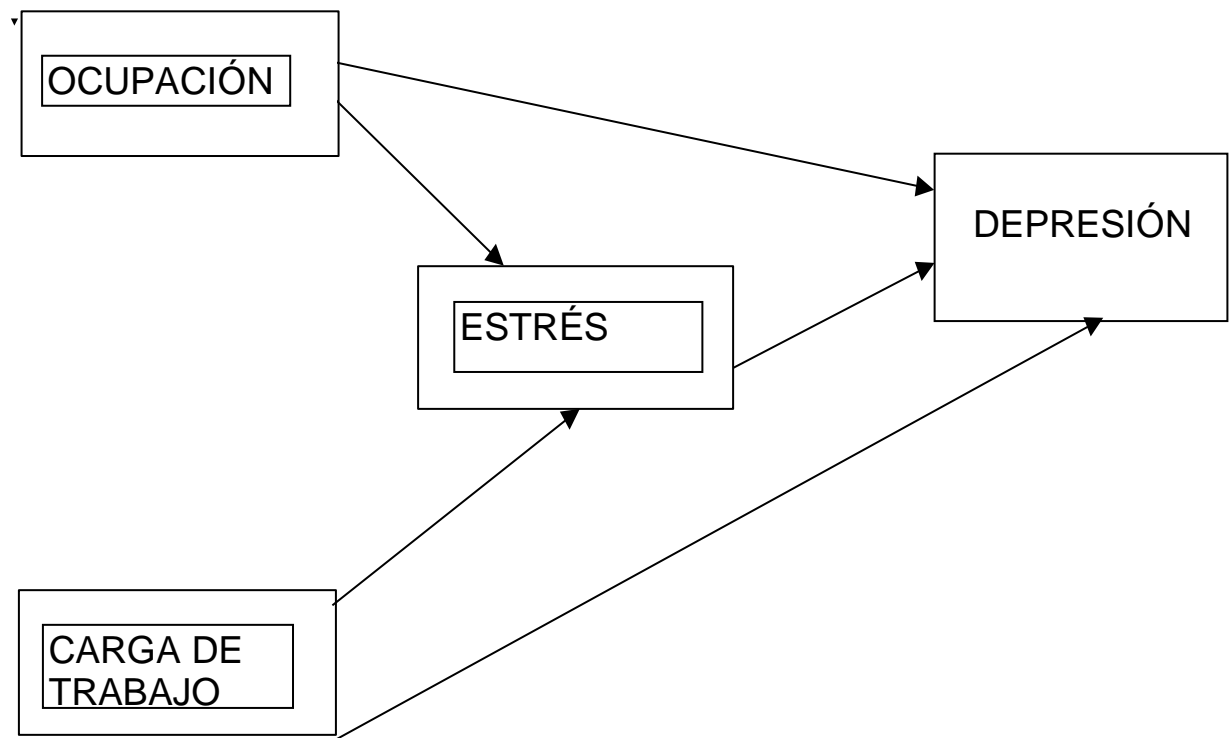
Tema 6.3. Análisis de ruta

Los modelos de ecuaciones estructurales que incluyen solo variables observadas son expansiones del análisis de regresión. Más específicamente, son un conjunto de ecuaciones de regresión, llamado un sistema de ecuaciones estructurales. Como solo se usan variables observadas, no hay corrección para los errores de medición

La lógica del análisis de ruta es la misma que estudiamos en el análisis factorial confirmatorio, sin embargo, en el modelo solo habremos observado variables.

Sigamos el ejemplo ilustrado para una mejor comprensión.

Figura 1: Modelo teórico para factores ocupacionales y depresión. (PNS,2013)



(actualizar la figura según la norma gráfica del curso)

Ecuaciones del modelo (resaltar este contenido en la tabla)

Depresión = ocupación + estrés + carga de trabajo + residuo

Estrés = ocupación + carga de trabajo + residuo

Sistema de 2 ecuaciones simultáneas.

Observamos en el modelo anterior:

Variables exógenas: ocupación y carga de trabajo

Variables endógenas - estrés y depresión

En el modelo, es importante verificar los efectos directos e indirectos: el estrés es tanto una respuesta como una variable explicativa en el sistema de ecuaciones; permite la estimación de un efecto de mediación indirecta.

En este modelo, el objetivo era estimar el coeficiente de la ruta del estrés para la depresión controlada por causas comunes.

Perturbación - análoga al residuo - proporción de varianza no explicada por las variables en el modelo. ¡Representa variables exógenas no medidas!

Tema 6.3. Modelo Estructural Completo

Es un modelo de análisis que ha observado variables observables y variables latentes, en estos casos, los MEE son una composición de análisis de regresión y análisis factoriales confirmatorios.

A continuación, lea el estudio de caso para comprender el modelo completo.

Estudio de caso: violencia en el trabajo y depresión en trabajadores brasileños, 2013 -

Realice el estudio de caso en un formato interactivo

PASO 1: Establecer las preguntas / hipótesis

¿La exposición a factores ocupacionales autoinformados tiene un efecto en sufrir violencia en el trabajo?

¿La exposición a la violencia en el trabajo contribuye a la aparición de depresión en los trabajadores varones brasileños?

PASO 2: Establecer el objetivo del análisis

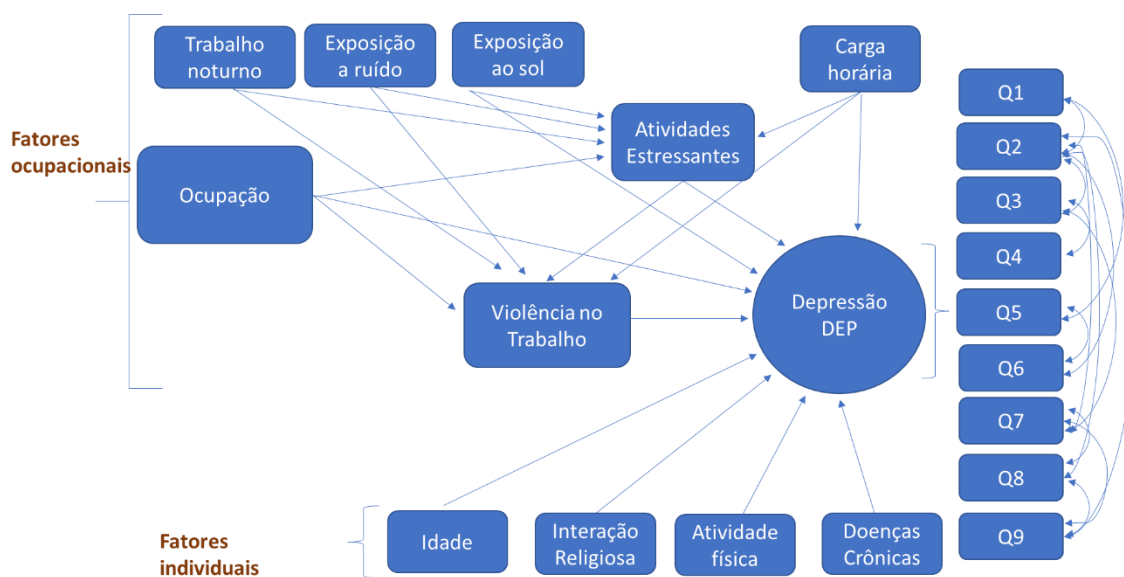
Analizar la asociación entre violencia en el trabajo y depresión en trabajadores varones brasileños.

PASO 3: Modelo gráfico teórico

Resaltar texto amarillo

Para estimar modelos completos de ecuaciones estructurales, es necesario desarrollar una teoría estructural. Una teoría estructural es una representación conceptual de las relaciones entre variables observadas y construcciones. Puede expresarse en términos de un MEE que representa adecuadamente desde un sistema de ecuaciones estructurales y puede representarse mediante un diagrama gráfico. Los modelos estructurales se conocen por varios nombres, en particular un modelo causal. Un modelo causal infiere que las relaciones cumplen con las condiciones necesarias para la causalidad, que se discutieron anteriormente.

Figura 2: Modelo teórico para la asociación entre violencia en el trabajo y depresión en trabajadores varones brasileños (PNS,2013).



(Rehacer la figura con diseño estandarizado - PALABRAS TRADUCIDAS EN LA PÁGINA 5)

PASO 4: Descripción de los datos.

Estudio transversal con modelos de ecuaciones estructurales, realizado con datos de la investigación nacional de salud en Brasil (PNS, 2013), realizado por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) en colaboración con el Ministerio de Salud (MS).

La población objetivo del PNS estaba compuesta por personas de 18 años o más de hogares privados en todo el país. Se excluyeron las personas que viven en bases militares, cuarteles, barrios, campamentos, botes, instalaciones penitenciarias, colonias penales, prisiones, hogares de ancianos, orfanatos, conventos y hospitales.

El muestreo fue del tipo complejo, basado en una muestra maestra donde los estratos fueron definidos por los sectores censales y las unidades primarias de muestreo formaron grupos. El cuestionario tenía tres grandes bloques: el primero recopilaba información sobre las características de la residencia; la segunda fue una entrevista contestada por un residente que proporcionó información sobre todos los demás residentes y las características del hogar. El tercer bloque correspondió a una entrevista individual con un residente seleccionado al azar entre los mayores de 18 años. Los datos fueron recopilados entre agosto de 2013 y febrero de 2014 por entrevistadores capacitados, utilizando asistentes digitales personales y con la ayuda de supervisores y coordinadores.

Se realizaron 81,167 visitas domiciliarias, pero solo 69,994 viviendas estaban ocupadas; al final, se obtuvo información sobre 64,348 hogares y se realizaron 60,202 entrevistas con el residente seleccionado. De las 60,202, 36,442 personas reportaron tener un trabajo en la semana anterior a la entrevista, siendo consideradas trabajadoras. De estos, 19.450 eran hombres, lo que constituye la muestra de este estudio.

Variables de interés

Violencia en el trabajo variable endógena, observada. Se elaboró a partir de dos preguntas originales que surgieron de una pregunta anterior sobre haber sufrido violencia de cualquier tipo en los últimos 12 meses: "¿dónde ocurrió la violencia sufrida por una persona desconocida? ¿Dónde ocurrió la violencia sufrida por una persona desconocida?". La respuesta "trabajo" de las dos preguntas se convirtió en "sí" y las otras (incluidos los sujetos que informaron no haber sufrido violencia) se transformaron en "no". A partir de estas dos nuevas variables, se creó la variable: "¿sufrió violencia en el trabajo?" con 4 categorías (1- Sí, de una persona conocida; 2- Sí, de una persona desconocida 3- Sí, de una persona conocida y desconocida 4- No.) En base a esta pregunta, se creó la variable dicotómica "violencia en el trabajo".

Depresión variable endógena latente, compuesta por las nueve variables observadas en el Cuestionario de salud del paciente-9 (PHQ-9), cada pregunta con 4 categorías de respuesta: Las preguntas son:

- P1) En las últimas dos semanas, ¿cuántos días tuvo poco interés o poco placer en hacer las cosas?
- P2) En las últimas dos semanas, ¿cuántos días se sintió mal, deprimido o sin perspectiva?
- P3) En las últimas dos semanas, ¿cuántos días tuvo dificultad para conciliar el sueño o permanecer

dormido o durmió más de lo habitual? P4) En las últimas dos semanas, ¿cuántos días se sintió cansado o con poca energía? P5) En las últimas dos semanas, ¿cuántos días tuvo falta de apetito o comió en exceso? P6) En las últimas dos semanas, ¿cuántos días se sintió mal consigo mismo o pensó que era un fracaso o que decepcionó a su familia o a usted mismo? P7) En las últimas dos semanas, ¿cuántos días tuvo dificultades para concentrarse en cosas (como leer el periódico o mirar televisión)? P8) En las últimas dos semanas, ¿cuántos días caminó o habló con lentitud (hasta el punto que otras personas lo notaron), o por el contrario, estaba tan agitado que estaba caminando de lado a lado más de lo habitual? P9) En las últimas dos semanas, ¿cuántos días pensaste en lastimarte de alguna manera o que sería mejor estar muerto?

Las otras variables se dividieron en dos grupos y se seleccionaron con base en la literatura, así como en los resultados de investigaciones previas en esta muestra: 1. factores individuales: edad, participación en servicios religiosos, ejercicio físico, número de enfermedades crónicas (contadas a partir del total de diagnósticos autoinformados de hipertensión, diabetes, enfermedad cardíaca, bronquitis, artritis y / o reumatismo, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, problemas de columna o insuficiencia renal); 2. factores ocupacionales: trabajo nocturno con y sin turno ininterrumpido, exposición al ruido, exposición prolongada al sol, actividades estresantes, carga de trabajo semanal, posición (según la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO)) agrupados en 4 categorías. Todas las variables incluidas en el estudio fueron obtenidas de manera autoinformada por los encuestados.

A continuación se describen los acrónimos utilizados para representar las variables en el modelo gráfico.

- ✓ Constructo depresión formada por los 9 problemas observados del PHQ9 - DEP
- ✓ Violencia en el trabajo (0= no; 1 = sí)- EQVIOL
- ✓ Edad (en cuatro categorías) - EQAGE
- ✓ Interacción religiosa (6 niveles de participación)- EQREL
- ✓ Actividad física (0 = no; 1 = sí) - EQAF
- ✓ Enfermedades crónicas (4 niveles) -EQDC
- ✓ Trabajo nocturno con o sin turno ininterrumpido (3 niveles) - EQSHIFT
- ✓ Exposición al sol (0- no; 1 = sí) – EQSOL
- ✓ Exposición al ruido (0- no; 1 = sí) – EQNOI
- ✓ Exposición a actividades estresantes en el trabajo (0- no; 1 = sí) – EQEST
- ✓ Carga de trabajo semanal (3 niveles) - EQCH
- ✓ Ocupación (4 categorías) - EQOCUP
- ✓ Exposición al sol (0- no; 1 = sí) - EQSOL

En el modelo teórico inicial propuesto (figura 1), los factores ocupacionales ocuparon la posición más distal, determinando los factores psicosociales (violencia y actividades estresantes) y estos, determinando el resultado de la depresión.

El análisis se realizó utilizando el software R, paquete lavaan. Todas las variables son categóricas, por lo que se utilizó el estimador de los mínimos cuadrados ponderados ajustados por la media y la varianza (WLSMV). La parametrización theta se utilizó para controlar las diferencias residuales en las varianzas.

PASO 5: Verificación del ajuste e identificación del modelo

El modelo estimado ahora se compone de dos partes: un modelo causal y un modelo de medición.

El modelo presentó 210 observaciones ($20 \cdot (20 + 1) / 2$) y 40 parámetros estimados (19 coeficientes beta; 9 errores de medición; 3 perturbaciones y 9 variaciones), lo que representa 170 grados de libertad. Se concluye que el modelo es súper identificable.

Para verificar el ajuste de los modelos, se consideraron los siguientes índices: 1- error cuadrático medio de aproximación (RMSEA): <0.05 ; Intervalo de confianza del 90% de RMSEA con un límite superior <0.08 con un valor p de RMSEA no significativo; 2- valores superiores a 0,95 para los índices de ajuste comparativo y el de Tucker Lewis (CFI / TLI). En vista de una muestra muy grande, la prueba de chi-cuadrado y el WRMR se presentan como medidas muy sensibles y de forma rutinaria con valores altos.

Para obtener sugerencias de cambios en las hipótesis iniciales, se utilizó el comando "modindices" para calcular las tasas de cambio. Cuando se descubrió que las modificaciones propuestas eran teóricamente aceptables, se desarrolló y analizó un nuevo modelo.

PASO 6: Interpretación de los hallazgos

El modelo inicial (figura 1) presentó un ajuste aceptable (tabla 1) y después de analizar la sugerencia de índices de modificación, ninguna de las relaciones era plausible, sin embargo, la relación "violencia ~ exposición al ruido" no fue significativa (valor de $p = 0.789$). Después de excluir esta relación, el modelo continuó con un ajuste similar (tabla 1).

Tabla 1: Resultados de los ajustes del modelo

	Modelo1	Modelo2*
χ^2	510,569 (valor $p < 0$)	510 690 (valor $p < 0$)

CFI	0,996	0,996
TFI	0,995	0,995
RMSEA	0,013 (IC90% 0,012-0,015; valor p=1,0)	0,013 (IC90% 0,012-0,015; valor p=1,0)
WRMR	1,67	1,67

*excluyendo violencia ~ exposición al ruido

Sobre el modelo de medición para la depresión: de los 9 ítems, 6 tenían una carga factorial superior a 0,70 y significativa. Tres preguntas (poco interés o placer en hacer las cosas; falta de apetito o comer en exceso; pensaron en lastimarse de alguna manera o en que sería mejor estar muerto) tenían un factor de carga entre 0,66 y 0,67, todo significativo.

Los resultados de la parte estructural del modelo mostraron que los cuatro efectos principales observados no fueron la relación de mayor interés: “violencia en el trabajo y depresión”, sin embargo, estas son relaciones que han sido bien exploradas en la literatura, ratificando nuestro modelo teórico y demostrando el lista de diferentes factores ocupacionales en la aparición de depresión.

En la medida en que aumenta la exposición al ruido laboral, aumenta el estrés en la actividad laboral; el estrés laboral y las enfermedades crónicas están asociadas con la depresión; y, sin embargo, mientras los trabajadores están más expuestos a actividades estresantes, aumenta la probabilidad de sufrir violencia en el trabajo (tabla 2, figura 2).

En cuanto a la relación entre la violencia en el trabajo y la depresión, se observa que cuanto mayor es la exposición a la violencia, mayor es la probabilidad de aparición de depresión. El estrés en el trabajo y la carga de trabajo fueron los factores con mayor efecto para la ocurrencia de violencia en el trabajo (tabla 2, figura 2).

Los resultados también muestran la contribución de factores organizativos (por ejemplo, carga de trabajo) en la aparición de los factores psicosociales estudiados (violencia y estrés en el trabajo). En nuestro modelo, la contribución de la actividad física como factor individual no fue significativa (tabla 2, figura 2).

Los modelos de depresión y estrés laboral explicaron el 20,9% y el 16,9% de las variaciones de estas variables, respectivamente. Sin embargo, el modelo de violencia en el trabajo explicaba solo el 8.2% de la variación en violencia.

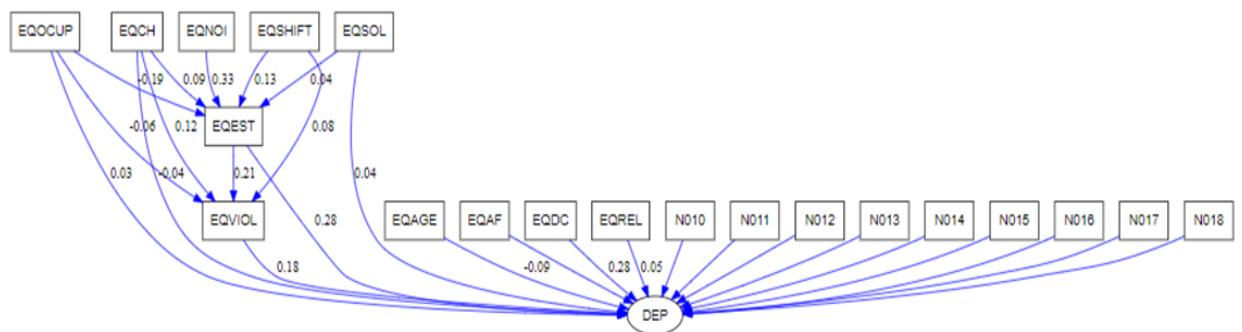
Tabla 2: Estimaciones estandarizadas del modelo final

Relación	Estimaciones estandarizadas	valor p
EQEST ~ EQNOI	0,33	0,000
DEP ~ EQEST	0,28	0,000

DEP ~ EQDC	0,28	0,000
EQVIOL ~ EQEST	0,21	0,000
DEP ~ EQVIOL	0,18	0,000
EQEST ~ EQSHIFT	0,13	0,000
EQVIOL ~ EQCH	0,12	0,000
EQEST ~ EQCH	0,09	0,000
EQVIOL ~ EQSHIFT	0,08	0,000
DEP ~ EQREL	0,05	0,000
EQEST ~ EQSOL	0,04	0,000
DEP ~ EQSOL	0,04	0,000
DEP ~ EQOCUP	0,04	0,002
DEP ~ EQAF	-0,01	0,200 ◆
DEP ~ EQCH	-0,04	0,000
EQVIOL ~ EQOCUP	-0,06	0,038
DEP ~ EQAGE	-0,09	0,000
EQEST ~ EQOCUP	-0,19	0,000

◆ no significativo

Figura 2: Modelo final con estimaciones estandarizadas significativas (Rehacer la figura con diseño estandarizado)



PASO FINAL: Describir las consideraciones finales

En los trabajadores varones brasileños, sufrir violencia en el trabajo contribuye a la aparición de depresión, así como a varios factores laborales, especialmente el estrés laboral. El aumento en la carga de trabajo contribuyó a la aparición de estrés y violencia en el trabajo y, en futuros estudios, se debe investigar su potencial de mediación, ya que se invirtió su contribución directa al modelo, es decir, una disminución en la carga de trabajo contribuye a la depresión.

Los factores explorados para la violencia en el trabajo explicaron poco su variación, pero demostraron la importancia de la carga de trabajo, el estrés, el trabajo nocturno, el puesto, es decir, los trabajadores con mayores cargas de trabajo, expuestos a situaciones estresantes tienen más probabilidades de sufrir violencia en el trabajo, así como aquellos con puestos de menor estatus que trabajan de noche.

Finalmente, el enfoque de modelación de ecuaciones estructurales permitió explorar la asociación entre la violencia en el trabajo y la depresión, ajustada por factores individuales y ocupacionales asociados con la exposición (solo ocupacional) y el resultado.

En este estudio de caso, se estimaron los MEE completos, es decir, que incluyen la determinación y la medición. Los modelos estructurales completos difieren de los modelos de medición en que el énfasis ya no es solo la relación entre los constructos latentes y las variables medidas para la naturaleza y magnitud de las relaciones entre los constructos y las variables observadas. Los modelos de medición se prueban utilizando solo análisis factoriales confirmatorios. El resultado es la especificación de un modelo estructural que se utiliza para probar el modelo teórico propuesto.

Por otro lado, un MEE completo incluye no solo la determinación entre variables, sino también la medición. Esto permite desarrollar modelos complejos de relación causal en los que se controlan tanto los errores de estimación como los errores de medición.

Un MEE completo implica probar tanto la teoría de la medición como la teoría estructural (o causal) que conecta las construcciones de manera teóricamente fundamentada. El modelado de ecuaciones estructurales no es solo otra técnica estadística multivariante: es una forma de probar teorías. Existen modelos estadísticos mucho más fáciles para explorar las relaciones. Pero cuando un epidemiólogo conoce el problema que está analizando lo suficientemente bien y requiere la observación de un conjunto de relaciones entre las variables observadas y los constructos latentes, además de la forma en que se miden estos constructos, el MEE se convierte en la mejor opción.

Unidad basada en el libro: Neves, J. A. B. (2018). *Modelo de equações estruturais: Uma introdução aplicada*. ENAP, en el curso de modelación con ecuaciones estructurales ofrecidas por la Universidad Federal de Maranhão (Brasil), por el profesor Antonio Augusto Moura y en la tesis de la profesora Nágila Oenning.